

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

OSVALDO ARAUJO JUNIOR

SOJA EM SUCESSÃO AO CAPIM MARANDU: efeito do

Azospirillum* associado ao *Bradyrhizobium

ILHA SOLTEIRA

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

OSVALDO ARAUJO JUNIOR

SOJA EM SUCESSÃO AO CAPIM MARANDU: efeito do

Azospirillum* associado ao *Bradyrhizobium

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira - UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Marcelo Andreotti
Orientador

ILHA SOLTEIRA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A663s Araujo Junior, Osvaldo.
Soja em sucessão ao capim marandu: efeito do *Azospirillum* associado ao *Bradyrhizobium* / Osvaldo Araujo Junior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2018
70 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2018

Orientador: Marcelo Andreotti
Inclui bibliografia

1. Co-inoculação. 2. Semeadura direta. 3. *Glycine max* L. 4. Número de nódulos. 5. Bactérias diazotróficas.


Raiane da Silva Santos

Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Atendimento ao Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Soja em sucessão ao capim-marandu: efeito do *Azospirillum* associado ao *Bradyrhizobium*

AUTOR: OSVALDO ARAUJO JUNIOR

ORIENTADOR: MARCELO ANDREOTTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO ANDREOTTI

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO

Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. AGUNALDO JOSÉ FREITAS LEAL

Curso de Agronomia / Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Ilha Solteira, 22 de fevereiro de 2018

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito.”

Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades concedidas, pelo aprendizado, pela proteção e motivação nesta caminhada. À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, (Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira), por proporcionar minha formação profissional até o presente momento.

À CAPES, pela bolsa de estudo de Mestrado.

Ao Prof. Dr. Marcelo Andreotti, pelo conhecimento transmitido, confiança, incentivo e paciência durante estes 18 meses de orientação, expresso minha gratidão pelo profissionalismo, mas, muito mais pela referência de pessoa íntegra, honesta e amigável.

À todo apoio que sempre tive de minha família, aos meus pais Osvaldo e Nilva que sacrificaram muitos de seus sonhos para que o meu se torne realidade e à minha irmã Juliana. Obrigado pelo companheirismo e paciência da minha namorada Simone, que sempre esteve ao meu lado nas horas mais difíceis. Pela educação que meus avós me deram. Aos meus avôs Waldemar Luiz Marques, Alzira Marques, Ercília D. Araujo, Julio Araujo (*in memoriam*) por todo amor transmitido e orgulho que sinto.

À todos os orientados do professor Marcelo Andreotti, meu muito obrigado por todos os momentos de muita risada e de também muito trabalho, em especial, ao Allan Nakao, Deyvison Soares, Leandro Inocêncio, Roseana Ramos, Mariana Gaioto, Viviane Modesto, Eduardo Pechoto, Guilherme Franzote, Leonardo Froio, Allan Cunha, Bruno Yabuki, Nathalia Molinaro, Leandro Alves, Izabela Garcia, Tamiris Kiyama, João Marcos. Os quais contribuíram para a instalação e condução deste e de outros experimentos realizados na FEPE, foi um grande prazer estagiar, conviver e usufruir do companheirismo e amizade destes amigos.

Aos membros da banca, pela participação e valiosa contribuição.

A todos os grupos que participei, e de certa forma contribuíram para minha formação profissional. A todos os funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE, pela ajuda e suporte dados no desenvolvimento deste experimento.

Por fim, obrigado a todos os amigos, principalmente à Aline Suzuki, Vinícius Cabrio, João Bossolani, Laura Brito, à República Pai Sorteru, a casa sempre cheia, a rodas de conversas sempre com muitas risadas, e as histórias lendárias. É gratificante saber que tenho o privilégio de poder confiar e contar com muitas pessoas que passaram em minha vida. Muito obrigado!

RESUMO

Os sistemas integrados de produção agropecuária são alternativas viáveis para recuperação de áreas degradadas, rotação de culturas e produção de palhada com efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Esta pesquisa objetivou, em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico, avaliar o desempenho produtivo da soja em sucessão ao capim Marandu, que foi submetido à três manejos: adubado com 50 kg ha⁻¹ de N (Ureia) a cada corte antecessor, simulando o pastejo (0,30 m de altura), totalizando 4 cortes com intervalo de um para o outro de aproximadamente 30 dias, ou com pulverização foliar a cada corte com *Azospirillum brasilense*, e numa condição sem adubação nitrogenada e sem pulverização com *Azospirillum* após cada corte (controle), e em duas condições de semeadura da soja, com sementes inoculadas apenas com *Bradyrhizobium japonicum* ou co-inoculada com *Azospirillum brasilense*. A pesquisa constituiu-se de dois experimentos (um em área de sequeiro e outro em área irrigada por aspersão – pivô central) e foi realizada no ano agrícola 2016/2017 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), localizada no município de Selvíria-MS. A cultura anterior ao experimento, em ambas as áreas, foi a *Urochloa brizantha* cv Marandu advinda do consórcio com milho, onde após a colheita do milho, o capim permaneceu na área até a semeadura da soja BMX POTÊNCIA RR. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 2, constituídos do cultivo da soja em sucessão ao capim-marandu submetido à três manejos e em duas condições de semeadura da soja, inoculada apenas com *Bradyrhizobium* ou co-inoculada com *A. brasilense*. A co-inoculação via semente de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* não incrementou o crescimento, os componentes da produção e produtividade da soja sob Sistema Plantio Direto (SPD), independentemente se em área de sequeiro ou irrigada. Em ambos os manejos, sequeiro e irrigado, a pulverização foliar de *A. brasilense* no capim Marandu é viável para o SIPA promovendo produção de forragem satisfatória em relação à adubação nitrogenada, bem como este residual de *A. brasilense* no solo, resultante da aplicação foliar no capim Marandu antecessor à soja, aumentou a massa de nódulos da soja, mostrando ser uma alternativa viável para potencializar a fixação biológica de N₂, principalmente em condições de sequeiro.

Palavras-chave: Co-inoculação. Semeadura direta. *Glycine max* L. Número de nódulos. Bactérias diazotróficas.

ABSTRACT

Crop livestock are viable alternatives for the recovery of degraded areas, crop rotation and straw production with effects on the physical, chemical and biological properties of the soil. The aim of the research in a dystrophic RED LATOSOLO, was to evaluate the productive performance of soybean in succession to the Marandu grass, which was submitted to three treatments: fertilized with 50 kg ha⁻¹ of N (Urea) to each predecessor cut, simulating grazing (0,30 m high), totaling 4 cuts with interval from one to another of approximately 30 days, or with leaf spraying at each cut with *Azospirillum brasilense*, and in a condition without nitrogen fertilization and without spraying with *Azospirillum* after each cut (control), and under two conditions of soybean sowing, inoculated only with *Bradyrhizobium* or co-inoculated with *Azospirillum brasilense*. The research consisted of two experiments (one in the dry area and the other in a overhead irrigation area - central pivot) and was carried out in the agricultural year 2016/2017 at the Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), located in the municipality of Selvíria-MS. The culture before the experiment, in both areas, was *Urochloa brizantha* cv. Marandu from the maize consortium, and after maize harvesting, the grass remained in the area until sowing of soybean BMX POTÊNCIA RR. The experimental design was a randomized complete block design, with four replications, in a 3 x 2 factorial scheme, consisting of the soybean crop in succession to the Marandu grass submitted to three treatments and in two sowing conditions of soybean, inoculated only with *Bradyrhizobium* or co-inoculated with *A. brasilense*. The co-inoculation of *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* in the seeds did not increase the growth, the components of the production and productivity of the soybeans under no-tillage system, irrespective of dry or irrigated areas. In both dry and irrigated managements, the *A. brasilense* leaf spray in the Marandu grass is viable for the SIPA promoting satisfactory forage production in relation to the nitrogen fertilization, as well as this residual of *A. brasilense* in the soil, resulting from the foliar application in the Marandu grass predecessor to soybean, increased the nodule mass of the soybean, proving to be a viable alternative to potentiate the biological N₂ fixation, mainly in dry conditions.

Key words: Co-inoculation. No-tillage system. *Glycine max* L. Number of nodules. Diazotrophic bacteria.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 -** Temperatura máxima e mínima e precipitação pluvial coletadas junto à área experimental no período de implantação (17 de novembro de 2015) e os 4 cortes no capim Marandu (maio a setembro). Selvíria - MS (2017). 24
- Figura 2 -** Temperatura média, máxima, mínima e precipitação pluvial coletadas junto à área experimental no período de implantação (novembro de 2016) ao final dos experimentos com soja (março de 2017). Selvíria - MS (2017). 25
- Figura 3 -** Fotos do desenvolvimento da cultura antecessora (capim Marandu) e da cultura sucessora (soja) no experimento conduzido em sequeiro. **(1)** Corte realizado no capim; **(2)** Retirada do restante do capim verde da área; **(3)** Pulverização foliar de *Azospirillum brasilense*; **(4)** Aplicação de ureia; **(5)** Capim Marandu dessecado; **(6)** Semeadura da soja sob a palhada do capim Marandu; **(7)** Soja em estágio R1; **(8) e (9)** Coleta dos nódulos de 3 plantas consecutivas; **(10)** Nódulos de soja. Selvíria, 2016/17. 70
- Figura 4 -** Fotos do desenvolvimento da cultura antecessora (capim Marandu) e da cultura sucessora (soja) no experimento conduzido em sistema irrigado. **(1)** Corte realizado no capim; **(2)** Retirada do restante do capim verde da área; **(3)** Área pós-retirada da vegetação excedente; **(4)** Capim Marandu dessecado; **(5)** Semeadura da soja sob a palhada do capim Marandu; **(6)** Falha no estande da soja (R1) devido ao excesso de palhada e “envelopamento” de sementes; **(7) e (8)** Coleta dos nódulos de 3 plantas consecutivas; **(9)** Nódulos de soja; **(10)** Pesagem dos nódulos de soja. Selvíria, 2016/17. 71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPAs, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra do ano agrícola de 2016, em área de sequeiro. Selvíria-MS, 2016/17	26
Tabela 2 -	Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPAs, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra do ano agrícola de 2016, em área irrigada. Selvíria-MS, 2016/17	27
Tabela 3 -	Produtividade de matéria seca do capim Marandu após aplicação foliar com <i>Azospirillum brasilense</i> e adubação nitrogenada em área de sequeiro, na entressafra do ano agrícola de 2016. Selvíria-MS, 2016/17	33
Tabela 4 -	Valores de F e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S e índice de clorofila foliar (ICF) das plantas de soja, em função do manejo antecessor do capim Marandu e inoculação com bactérias diazotróficas. Selvíria-MS, 2016/17	36
Tabela 5 -	Valores de F e médias para altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP) em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2016/17	37
Tabela 6 -	Desdobramento das interações significativas do residual no capim Marandu x com ou sem a co-inoculação na semente, para a altura de inserção da primeira vagem de plantas de soja (AIPV), durante o ano agrícola 2016/17. Selvíria-MS, 2016/17	38
Tabela 7 -	Desdobramento da interação significativa do residual no capim Marandu x com ou sem a co-inoculação na semente, para a população final de plantas de soja (PF), durante o ano agrícola 2016/17. Selvíria-MS, 2016/17	40
Tabela 8 -	Valores de F e médias para número de nódulos por planta (NNP), massa de nódulos por planta (MN), massa de 100 grãos (M 100) e produtividade de grãos de soja (PROD), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2016/17	42
Tabela 9 -	Produtividade de matéria seca do capim Marandu após aplicação foliar com <i>Azospirillum brasilense</i> ou adubação nitrogenada em área irrigada, na entressafra do ano agrícola de 2016. Selvíria-MS, 2016/17	44

Tabela 10 -	Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S e índice de clorofila foliar (ICF) na soja, em função do manejo antecessor do capim Marandu e inoculação com bactérias diazotróficas. Selvíria-MS, 2016/17	46
Tabela 11 -	Valores de F e médias para altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2016/17	48
Tabela 12 -	Valores de F e médias para número de nódulos por planta (NNP), massa de nódulo por planta (MN), massa de 100 grãos (M 100) e produtividade de grãos (PROD), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2016/17	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO E PALHADA	16
3.2	SISTEMA INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS)	17
3.3	SOJA EM SUCESSÃO AO CAPIM BRAQUIÁRIA CULTIVAR MARANDU	19
3.4	DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO CULTIVO DA SOJA	20
3.5	CO-INOCULAÇÃO DA SOJA COM <i>Bradyrhizobium</i> E <i>Azospirillum spp</i>	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	24
4.2	HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL, CARACTERIZAÇÃO E PREPARO INICIAL	25
4.3	INSTALAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS EXPERIMENTOS	28
4.3.1	Instalação do capim Marandu e aplicação dos tratamentos	28
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
4.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	29
4.6	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DA CULTURA DA SOJA	29
4.7	AVALIAÇÕES	30
4.7.1	Estado nutricional das plantas de soja	30
4.7.2	Índice de Clorofila Foliar (ICF) das plantas de soja	30
4.7.3	Número de nódulos e massa de nódulos por planta	30
4.7.4	Características agronômicas	31
4.8	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	EXPERIMENTO DE SEQUEIRO	33
5.1.1	Produtividade de matéria seca do capim Marandu	33
5.1.2	Teores nutricionais foliares e Índice de clorofila foliar (ICF) na soja	34

5.1.3	Número de nódulos, massa de nódulos e características agronômicas da soja	35
5.2	EXPERIMENTO IRRIGADO	43
5.2.1	Produtividade de matéria seca do capim Marandu	43
5.2.2	Teores nutricionais foliares e Índice de clorofila foliar (ICF) da soja	44
5.2.3	Número de nódulos, massa de nódulos e características agronômicas da soja	47
6	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE – Imagens das atividades desenvolvidas nos experimentos	68

1 INTRODUÇÃO

A soja está entre uma das culturas cultivadas mais antigas do mundo, onde segundo literaturas chinesas teve seu centro genético na China a 2.500 a.C.. Apenas a partir da década de 1960 esta cultura passou a ser utilizada com maior expressividade na região Sul e a partir da década seguinte, nos Cerrados. Segundo Sano et al., (2008), há cerca de 80 milhões de hectares do bioma Cerrado explorado com diferentes usos da terra, o que corresponde a 39,5% da área total do bioma. Além de aspectos com altas produtividades e rentabilidade, a agricultura também busca a preservação ambiental (MODA, et al., 2014) através da adoção de técnicas conservacionistas, como é o caso do Sistema Plantio Direto (SPD), visando a proteção e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

O SPD é considerado um manejo conservacionista do solo, pois visa o revolvimento do solo apenas no sulco de semeadura, ao contrário do sistema convencional, onde o agricultor utiliza grades e arados acoplados aos tratores, resultando na pulverização e desestruturação da matéria orgânica do solo, perdendo para atmosfera gases responsáveis pelo efeito estufa, como CO₂. Uma forma de “sequestrar” este carbono (C) da atmosfera é com o uso de gramíneas com alta relação C/N, visando a formação de palhada, com o objetivo de disponibilizar matéria orgânica para o solo, uma vez que 50% da matéria orgânica é composta de C.

Neste sentido de se preocupar com o ambiente de maneira sustentável, foi que o Brasil apresentou um conjunto de ações voluntárias durante a 15^a Conferência das Partes (COP-15) em Copenhague, Dinamarca, no ano de 2009, onde se propôs em contribuir com a redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) entre 36,1% e 38,9%, até 2020, conhecido como Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono). Esta pesquisa aborda três dos sete tópicos em que o Plano ABC está estruturado, sendo eles: Integração Lavoura-Pecuária, Sistema Plantio Direto (SPD) e Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), denotando a grande importância ambiental e ecológica destes sistemas.

A necessidade da adoção dos sistemas conservacionistas surgiu devido o uso intensivo dos solos na região de Cerrado para a expansão da produção agropecuária, em conjunto ao manejo inadequado e a ausência na reposição dos nutrientes no solo. Estes fatores contribuíram para aumentar a degradação nas áreas cultivadas, comprometendo a produtividade das culturas agrícolas. Diante disso, incumbe ao Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs), em modalidades de consórcio, rotação ou sucessão de culturas, cabendo ao sistema plantio direto atribuir maior retenção de umidade no solo em

condições de déficit hídrico, disponibilização de nutrientes para as culturas em sucessão e até mesmo como alternativa para o fornecimento de pastagens no inverno (FLORES et al., 2008; PARIZ et al., 2011).

O êxito em sistemas conservacionistas deve ao planejamento e escolha ideal da planta de cobertura para formação de palhada, proporcionando um ambiente favorável para melhorar os atributos físicos e químicos do solo (COSTA et al., 2015; SANTOS et al., 2013). Solos de Cerrado são característicos de clima tropical, com verões quentes e úmidos e invernos secos, condições estas ideais para decomposição do material orgânico, realizados por bactérias e fungos decompositores. Diante disso, culturas de cobertura com alta capacidade de produção de massa seca, contribuem para disponibilizar gradualmente material orgânico, melhorando a estrutura do solo, aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC) e a retenção de água (FRANCHINI et al., 2016).

Dentre as espécies vegetais mais utilizadas nos SIPAs, a *Urochloa brizantha* cv. Marandu tem adquirido maior expressividade pelo uso de áreas de pastagens, se destacando por ser pouco exigente às condições edafoclimáticas, proporcionando alta disponibilidade de palhada sobre a superfície do solo, devido a sua alta relação C/N, ocasionando o retardamento da sua decomposição pelos microrganismos decompositores nas regiões de clima quente e úmido (BRAZ et al., 2004; TIMOSSI et al., 2007).

Dentre os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária se destacam a rotação de culturas, o consórcio e a sucessão de culturas, oferecendo para os produtores ganhos mútuos numa mesma área, de forma a se obter lucratividade com as culturas anuais na primavera-verão e uma boa oferta de pastagens no outono-inverno. Na sucessão de culturas, quando se tem a braquiária semeada após a cultura da soja, há supressão de plantas daninhas devido ao sombreamento imposto pela palhada do capim, uma vez que as sementes de plantas daninhas apresentam fotoblatismo positivo, e na ausência de luz, estas sementes não irão germinar.

O nitrogênio (N) é considerado quantitativamente o nutriente mais exigido na cultura da soja pela importância em vários processos do metabolismo vegetal, da respiração, fotossíntese, crescimento, produção de flores, folhas e grãos (TAIZ; ZEIGER, 2009). A quantidade natural deste elemento no solo não é o suficiente para que o produtor consiga atingir os patamares de produtividade mínimos da soja de 3.000 kg ha⁻¹ (SOUZA; LOBATO, 1996). Assim, para adequada nutrição da soja, estima-se em torno de 240 kg ha⁻¹ de N para atingir esta produtividade mínima (HUNGRIA et al., 2005), podendo este valor chegar a 300 kg ha⁻¹ de N em se tratando de cultivares mais precoces e produtivos. Porém, diferente de outras culturas, a adubação nitrogenada na soja não é uma prática recomendada, sendo o N₂

fixado diretamente do ar por uma relação de simbiose entre a planta e a bactéria, dentre elas o *Bradyrhizobium*. Essas bactérias associativas infectam as raízes, via pelos radiculares, formando nódulos, onde pela ação da enzima nitrogenase, quebram a ligação tripla covalente entre os átomos de nitrogênio, transformando-o numa forma assimilável pelas plantas, em troca de carboidratos (BRANDELERO; PEIXOTO; RALISCH; 2009).

As bactérias diazotróficas, como o *Azospirillum brasilense*, não apenas fixam o N_2 atmosférico, mas também por meio de divisões celulares, aumentam o crescimento e a superfície de absorção das raízes, contribuindo para absorção de água e nutrientes (OKON; VANDERLEYDEN, 1997). Cangahuala-Inocente et al. (2013) relataram que o *A. brasilense* promove a síntese de fitormônios, como as auxinas, citocininas, giberelinas, contribuindo para o crescimento celular dos tecidos das raízes. As citocininas são conhecidas por promoverem a retomada das divisões celulares, dando início à formação do nódulo radicular em leguminosas (KERBAUY; PERES, 2004). As auxinas promovem a síntese de giberelinas que são responsáveis pelo alongamento celular e as auxinas por meio de crescimento ácido nas células, liberam hidrogênio (H^+) no apoplasto da célula, reduzindo o pH que ativa as expansinas que são enzimas responsáveis pelo afrouxamento das microfibrilas de celulose, permitindo a entrada de água nas células, e conseqüentemente seu crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, a contribuição destas bactérias diazotróficas, como propósito de diminuir a necessidade de fertilização do N mineral e/ou aumentar a produtividade das culturas, por meio da fixação biológica de nitrogênio (FBN), estimulam a produção de fitormônios, induzindo o crescimento radicular, com isso favorecendo o crescimento de raízes laterais (OKON; LABANDERA-GONZALES, 1994), podendo aumentar o número e massa de nódulos por planta e maior eficiência da FBN.

Diante disso, a pesquisa visou avaliar se a co-inoculação via semente de soja proporcionou um sinergismo entre a bactéria formadora de nódulos *Bradyrhizobium* e a bactéria diazotrófica de vida livre *Azospirillum brasilense*, de modo em aumentar a potencialização da nodulação, maior desenvolvimento de raízes e fixação biológica de nitrogênio com efeito nos componentes de produção e produtividade da soja, podendo na condição de sequeiro e/ou irrigado alcançar maior desenvolvimento de raízes no perfil do solo em busca de água e nutrientes.

2 OBJETIVO

O trabalho de pesquisa objetivou, sob condições irrigadas (pivô central) e de sequeiro, no Cerrado, avaliar a cultura da soja em sucessão ao capim Marandu, que foi submetido à três manejos, e em duas condições de semeadura da soja, inoculada apenas com *Bradyrhizobium* ou co-inoculada com *Azospirillum brasilense*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO E PALHADA

Quando ocorre transformação de um solo mantido sob vegetação nativa em ambiente de agricultura convencional, verificam-se mudanças drásticas na qualidade física do solo e principalmente, em perdas de matéria orgânica (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011). Desse modo, o sistema plantio direto (SPD), considerado um manejo de solo conservacionista, tem-se apresentado como alternativa viável contra a perda de matéria orgânica, contribuindo para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo.

As áreas degradadas e os solos manejados convencionalmente podem ter sua capacidade produtiva recuperada devido ao sistema plantio direto, estando a eficácia desse sistema relacionada, entre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos por plantas de cobertura (TORRES, 2003). Vários estudos têm demonstrado os efeitos benéficos das plantas de cobertura nas propriedades do solo e na produtividade das culturas decorrentes da produção de massa seca, acúmulo e posterior liberação de nutrientes pela decomposição da palhada (BERTOL et al., 1998; AITA et al., 2001; AITA; GIACOMINI, 2003; TORRES et al., 2005; ESPINDOLA et al., 2006; BOER et al., 2007; GAMA-RODRIGUES et al., 2007).

A praticabilidade do SPD decorre da preservação dos resíduos culturais na superfície do solo, associados à rotação de culturas, que propicia decomposição gradual e posterior acúmulo de material orgânico no perfil do solo (FRANZLUEBBERS et al., 2007). Além dos benefícios do aumento do teor de matéria orgânica sobre atributos físicos do solo, o maior acúmulo de C resulta na retirada dele da atmosfera, contribuindo para a redução do efeito estufa (CERRI et al., 2010).

Na adoção do sistema plantio direto é indispensável antes da implantação da cultura subsequente a avaliação química do solo, o adequado manejo da adubação, e a adequada formação de cobertura vegetal na superfície do solo (ALMEIDA, 1991; ALVARENGA et al., 2001). No entanto, o grande obstáculo para se obter êxito com este sistema em diferentes regiões, tem sido a escolha apropriada das plantas fornecedoras da palhada, considerando a melhor época de semeadura, devido às grandes variações que ocorrem no clima e no solo (ANDRIOLI, 2004).

O uso de espécies forrageiras para a formação de matéria seca, como as do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), vêm despertando a anos o interesse de agricultores e

pesquisadores (APDC, 2001; BERNARDES, 2003; ANDRIOLI, 2004; TORRES, 2003). Estas forrageiras são de grande potencial na manutenção da palhada sobre o solo devido a sua relação C/N alta, o que retarda sua decomposição pelos microrganismos devido à maior quantidade de carbono presente na palhada dessas gramíneas, aumentando a possibilidade de utilização em regiões mais quentes.

Nas regiões de clima tropical, pesquisas têm demonstrado que a maior limitação na manutenção de palhada sobre o solo é a rapidez com que a massa vegetal se decompõe (PEREIRA, 1990; LANDERS, 1994). As braquiárias se destacam pela sua capacidade de adaptação aos solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento e uma produção relevante de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal do solo, e pelo efeito de canais radiculares atribuídos ao seu sistema radicular fasciculado volumoso. De acordo com Bernardes (2003), o fato desta forrageira já ser difundida e aceita pelos produtores rurais favorece sua adoção para a produção de palhada e cobertura do solo em sistema plantio direto, ou nas áreas de reforma de pastagens onde esta espécie vegetal predomina como forrageira.

Assim, a manutenção da palhada sobre o solo e sua posterior decomposição é importante para tomada de decisões em programas de adubação de alta tecnificação, e o conhecimento da quantidade acumulada pelas plantas é essencial para a compreensão do processo, o que proporcionará melhor eficiência de utilização dos nutrientes pelas culturas subsequentes num sistema de produção agropecuário, reduzindo os impactos negativos ao ambiente (PITTELKOW et al., 2012). Desse modo, há necessidade de se verificar a real contribuição dessas espécies com a finalidade de se manter ou melhorar a estrutura e a fertilidade do solo em áreas sob plantio direto e elevar a produtividade das culturas comerciais (SILVEIRA et al., 2010).

3.2 SISTEMA INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPAS)

Os SIPAs podem ser definidos como uma combinação dentro da propriedade rural da pecuária com a diversificação, rotação, consorciação e/ou sucessão das atividades de agricultura, constituindo um mesmo sistema sinérgico em que há benefícios para ambas as atividades agrícolas (ALVARENGA et al., 2006). Devido ao valor reduzido das terras no Brasil na década de 1970, às ofertas de crédito e ao surgimento de espécies forrageiras com capacidade de se adaptar ao tipo de clima e fertilidade do solo do Cerrado, houve expressiva expansão da produção agropecuária no país. No entanto, o grande problema da pecuária

brasileira tem sido a degradação de pastagens e do próprio solo, afetando a sustentabilidade do sistema produtivo (PERON; EVANGELISTA, 2004; VINHOLIS et al., 2009).

A incorporação de terras do Cerrado ao sistema produtivo no país, neste período, também explica boa parte do sucesso da agricultura no país, principalmente para a soja. Em 2011/2012, foi atingido um total de 160 milhões de toneladas de arroz, feijão, trigo, milho e soja no país, um crescimento de 583% em relação a 1970, onde a soma da produtividade dessas culturas nesta época foi de 27 milhões de toneladas (CONAB, 2013). Estes valores são muito inferiores em relação a safra 2016/2017, onde se obteve valores próximos a 239 milhões de toneladas de grãos, aumento de 28% em relação à safra 2015/2016, com a soja alcançando a maior parte deste montante, em torno de 114 milhões de toneladas (CONAB, 2017). Os SIPAs melhoram a qualidade do sistema plantio direto por meio da sucessão entre pastagens no outono/inverno e culturas de grãos no verão, colaborando para a sustentabilidade da produção de soja nas diferentes regiões brasileiras, e constituindo-se em uma alternativa para aumentar e diversificar a renda do produtor, além de melhorar a qualidade do sistema plantio direto (DEBIASI et al., 2012).

A combinação de espécies anuais e perenes reflete num efeito sinérgico na produtividade vegetal e nos atributos do solo, o que resulta na utilização mais eficiente dos nutrientes disponíveis, melhorias das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, reduzindo os riscos econômicos que derivam da exploração isolada das espécies (KONDO et al., 2012). O manejo adotado nos sistemas agrícolas tem grande influência nos teores de matéria orgânica do solo, onde a aplicação de práticas conservacionistas pode em médio e longo prazos, aumentar e/ou manter a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo (HELFRICH et al., 2006; COSTA et al., 2013).

Segundo Albernaz et al. (2009), a condição necessária para a sustentabilidade da atividade agropecuária depende da adoção de técnicas de manejo conservacionista, que diminuam os danos causados pelo revolvimento do solo e aumentem a incorporação de matéria orgânica e infiltração de água no solo. O propósito do sistema conservacionista é preservar, melhorar e aperfeiçoar os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, porém com a intenção de obter maior lucratividade e reduzir possíveis perdas de produtividade, sendo importante ressaltar que os SIPAs requerem o uso adequado de defensivos agrícolas (SALTON et al., 2005; SILVA et al., 2011).

Assim, os SIPAs têm se tornado opção vantajosa, proporcionando ganhos mútuos ao produtor, sendo atividades economicamente lucrativas, e uma opção viável para investidores do agronegócio principalmente nas regiões de Cerrado (LANDERS, 2007; MACEDO, 2009).

3.3 SOJA EM SUCESSÃO AO CAPIM BRAQUIÁRIA CULTIVAR MARANDU

A qualidade física do solo pode ser melhorada com a utilização de pastagens em áreas de lavoura, por períodos variados como pastagem (2 anos) ou como planta formadora de palhada (menos de 1 ano). Pastagens do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), principalmente de *U. brizantha* cv. Marandu, predominam na região Centro-Oeste e, embora sejam bem adaptadas, manifestam grande estacionalidade na produção de forragem (COSTA et al., 2005).

Estudos feitos por Machado e Assis (2010) e Ferreira et al. (2010) indicaram que a *U. brizantha* é uma das espécies mais adequadas para a produção de forragem e palhada; porém, a eficácia no controle dessa forrageira com herbicida glifosato é normalmente baixa. A condição ideal para o plantio das culturas de sucessão é de 21 a 28 dias após a aplicação do herbicida, e esta demora das plantas de *U. brizantha* para entrar em senescência acaba contribuindo para o atraso da semeadura da cultura em sucessão.

Segundo Pacheco et al. (2009), quando utilizadas em sistemas de manejo na quais são empregadas em sucessão às culturas de verão, estas forrageiras são mais eficientes na supressão de plantas daninhas, resultando em maior produtividade de grãos de soja em sucessão. De acordo com Machado et al. (2011), com o aumento da disponibilidade de sementes e a geração de conhecimentos nas últimas décadas, tornou-se possível o cultivo de forrageiras perenes dos gêneros *Urochloa* para a formação de pastagens temporárias. As vantagens que as plantas deste gênero possuem em relação às plantas anuais é que produzem massa seca em condições de baixa disponibilidade hídrica e por um período mais longo, deixando maior quantidade de palha para continuidade do plantio direto (MACHADO; ASSIS, 2010; MATTOS et al., 2005; PORTES, 2000).

A rotação destas forrageiras com as culturas agrícolas proporcionam produção de palhada e raízes, promovendo melhores condições físicas do solo e aumentando a eficiência do plantio direto. Nesta sucessão, são relatadas melhorias na qualidade física do solo (MARCHÃO et al., 2007), na recuperação dos teores de matéria orgânica (WENDLING et al., 2005), na redução da incidência de plantas daninhas e de doenças (BRAZ et al., 2006; TOLEDO-SOUZA et al., 2008) e no controle de nematóides (DIAS-ARIERA et al., 2002; CARNEIRO et al., 2006).

3.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO CULTIVO DA SOJA

A soja (*Glycine max* [L.] Merrill) é considerada uma das culturas mais antigas do mundo utilizadas pelo homem. No Brasil, essa leguminosa teve sua introdução no último milênio, mais especificamente no estado da Bahia, migrando nas décadas posteriores para o restante do país (GOMES, 1990). Desde então, o Brasil vem se destacando no cultivo desta leguminosa e hoje se encontra na vice-liderança mundial na produção de soja, atingindo na safra 2016/2017 a produção de 113,923 milhões de toneladas, perdendo apenas para os EUA com 117,208 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2017). A produtividade da soja é dependente de diversos fatores bióticos e abióticos, como manejo adotado, tipo de solo, características genéticas das cultivares, temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura (20 a 30 °C), fotoperíodo, radiação solar e disponibilidade hídrica, sendo este último decisivo para alcançar altas produtividades. A soja é uma cultura muito sensível a restrição hídrica, principalmente nos estádios de floração e enchimento de grãos, sendo a fase vegetativa nesse caso menos alterada pela carência de água (FRANCHINI et al., 2016).

A produtividade da cultura da soja está fortemente ligada à quantidade de água disponível no solo, facilitando o maior desenvolvimento do sistema radicular e absorção de nutrientes da solução do solo. Dentre os estresses abióticos que interferem no desenvolvimento e produtividade das lavouras de soja, o déficit hídrico é um dos mais importantes, sendo responsáveis por perdas na lavoura, uma vez que 90% da planta é constituída de água e atua em praticamente todos os seus processos fisiológicos e bioquímicos (NEPOMUCENO et al., 1994).

Nos solos do cerrado a soja é tradicionalmente cultivada sob condições naturais de clima, podendo ter interferência direta no crescimento e produtividade com as irregularidades das precipitações (FLUMIGNAN et al., 2015). Quantidades consideráveis de água procedente das chuvas são perdidas pela percolação no perfil do solo e por evaporação, interferindo na absorção de nutrientes, uma vez que estes são transportados para fora da zona de absorção das raízes (DUSI, 2005). Diante disso, a suplementação de água para a cultura da soja se apresenta como uma possível alternativa para aumentar as produtividades, quando a precipitação não atende à demanda de água necessária para o desenvolvimento da cultura.

Segundo Mundstock e Thomas (2005), no início do ciclo da soja, a deficiência hídrica pode causar redução na emissão de novos ramos, consequentemente reduzindo o número de nós que iriam produzir as vagens. Caso ocorra maior disponibilidade de água após o

florescimento, pode ocasionar maior emissão e fixação de flores nos nós para produzir vagens, tendo como resposta a formação de novas folhas para auxiliar no enchimento de grãos. Uma situação considerada drástica para a lavoura, seria grande disponibilidade de água na fase vegetativa, seguido por um déficit hídrico no florescimento e início da formação das vagens, ocasionando abortamento de flores e vagens, e interferindo diretamente sobre o tamanho de grãos. Segundo Farias et al. (2007), na fase de florescimento e enchimento de grãos da cultura da soja, a deficiência hídrica leva ao fechamento dos estômatos das plantas principalmente nas horas mais quentes do dia, diminuindo as trocas gasosas entre a planta e o ambiente, causando o abortamento de vagens e formação de vagens vazias, afetando negativamente a produtividade de grãos.

A co-inoculação de sementes de soja com bactérias diazotróficas e simbióticas podem em determinados casos, dependendo do clima, responder positivamente em ambientes com restrições hídricas, uma vez que a inoculação com *Azospirillum brasilense* promove a produção de fitormônios, tendo como resultado maior desenvolvimento das raízes nas camadas mais profundas do perfil do solo, aumentando a absorção de água e minerais, com isso caracterizando maior tolerância a estresses como salinidade e seca, o que resulta em plantas mais vigorosas e produtivas (BASHAN et al., 2004).

Segundo Carvalho et al. (2013), a soja necessita de uma demanda hídrica entre 450 a 850 mm durante todo ciclo da cultura. A irrigação na cultura da soja se realizada de maneira irregular ou excessiva pode ser onerosa, porém se realizada de forma planejada é uma prática benéfica, especialmente quando ocorrer elevada deficiência hídrica, assegurando a produtividade de grãos (RODRIGUES et al., 2001). O uso da irrigação é uma das práticas mais eficientes na melhoria da produtividade e da qualidade de grãos, apresentando como uma das vantagens, a redução de competição pelas plantas por água (KUSS, 2006).

Segundo dados divulgados pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) em 2010, a distribuição do uso da água no Brasil se dá em 63% de seus recursos em irrigação, 18% para uso humano, 14% para uso animal e 5% para uso industrial. Considerando que pelo atual crescimento populacional, deve-se atingir nove bilhões de pessoas até 2025, isto leva a um aumento de 50% na produção de alimentos, sendo a maior parte produzida em área irrigada (FAO, 2010). Para isso, o grande desafio atual é produzir alimentos de forma segura, utilizando a água de forma eficiente e racional.

O interesse pelo uso da irrigação tem sido cada vez maior, devido ao fato dos “veranicos” e as estiagens serem as principais responsáveis por comprometer a produtividade de grãos de soja em regiões de clima tropical. A chuva é a responsável pela maior parte da

água consumida pelas culturas, cabendo à irrigação complementar às necessidades hídricas das lavouras (FLUMIGNAN, 2015).

Bactérias diazotróficas como *A. brasilense*, inicialmente foram consideradas como bactérias exclusivamente tropicais, devido a preferência pelas áreas quentes, no entanto, também foram encontradas em clima temperado, sendo denominadas de cosmopolitas (DROZDOWICZ, 1997). De acordo com Mnasri, Aouani e Mhamdi (2007), a deficiência hídrica pode comprometer em alguns casos, o processo de simbiose, afetando a nodulação e a FBN na cultura do feijão, sendo importante ressaltar a importância da presença da água pela chuva ou pela irrigação para ocorrer a simbiose entre a bactéria e a raiz.

3.5 CO-INOCULAÇÃO DA SOJA COM *Bradyrhizobium* E *Azospirillum* spp.

O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) consiste na incorporação de N₂ no estado gasoso para a forma de amônio ao metabolismo primário do nutriente, colaborando para produção de proteínas nas plantas (REIS et al., 2010).

Segundo Cassini e Franco (2008), a associação de bactérias do gênero *Rhizobium* com leguminosas caracteriza-se pela habilidade de interação da bactéria com o sistema radicular da planta hospedeira por meio dos nódulos radiculares, que são estruturas altamente especializadas. Essa interação representa uma simbiose ou, mais especificamente, uma interação mutualística, pois a bactéria se beneficia do suprimento de fotoassimilados ou carbono orgânico fornecidos pela planta hospedeira, enquanto a planta recebe o nitrogênio fixado pelo rizóbio na forma amoniacal, assimilando-o em compostos nitrogenados que podem ser translocados para as suas diferentes partes.

A FBN é um grande sucesso no Brasil, possibilitando com a utilização de inoculantes, como o *Bradyrhizobium*, uma economia anual proporcionada pela não utilização de adubos nitrogenados em torno de 10,3 bilhões de dólares (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA, 2014).

Em princípio, inoculantes à base de *Azospirillum brasilense* podem ser empregados para co-inoculação de soja, juntamente com *Bradyrhizobium* (REIS, 2007). De modo geral, ocorre a potencialização da nodulação e maior crescimento radicular, em resposta a interação positiva entre as bactérias formadoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas de vida livre, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum* (FERLINI, 2006), que além de auxiliar na FBN, tem como característica aumentar a produção de

fitohormônios na planta, resultando em maior crescimento radicular, passível de infecção pelo rizóbio.

De acordo com Ferlini (2006) e Bárbaro et al. (2008), a co-inoculação funciona como a comunicação de diversos microrganismos que refletem em sinergismo, contribuindo para uma produção acima da esperada em condições normais pela cultura. Foi observado por Benintende et al. (2010) um efeito de estimulação do crescimento da cultura da soja devido ao uso combinado de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense*.

As bactérias do gênero *Azospirillum* são conhecidas por proporcionarem capacidade de estimular a produção de hormônios nas plantas, o que resulta no seu maior crescimento. Em estudos realizados foi verificada a eficiência do *Azospirillum brasilense* na produção de auxinas, giberelinas, e citocininas *in vitro* (ARSHAD; FRANKENBERGER, 1998; CACCIARI et al., 1989; CROZIER et al., 1988; MASCIARELLI et al., 2013).

Em vários ensaios a campo com *A. brasilense*, os pesquisadores verificaram incrementos na produtividade das leguminosas com a co-inoculação, entretanto, houve respostas contraditórias, ou seja, o *Azospirillum* tanto pode estimular como inibir a formação de nódulos e o crescimento radicular em um sistema simbiótico, variando em função do nível de concentração do inóculo e do tipo de inoculação (FERLINI, 2006).

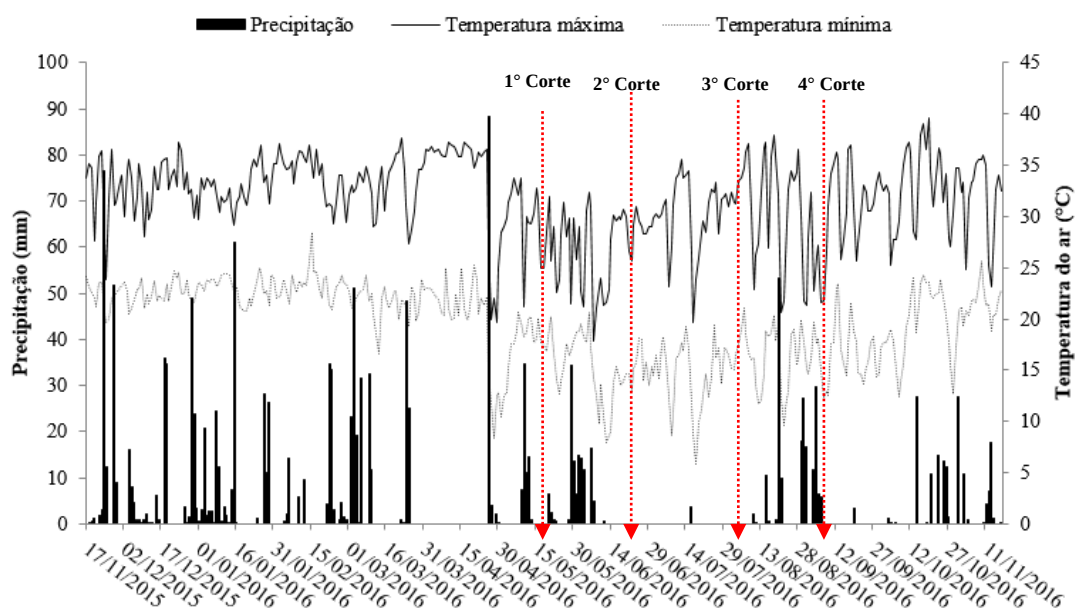
Desse modo, a utilização de bactérias promotoras de crescimento, tais como *Azospirillum*, destina-se em aumentar a eficiência da utilização de fertilizantes e absorção de nitrogênio pela fixação biológica, sendo uma técnica economicamente viável, além de contribuir para sustentabilidade ambiental pela redução do uso de fertilizantes (HUNGRIA, 2011), satisfazendo as necessidades modernas da agricultura devido à sustentabilidade econômica, social e ambiental (CHAPARRO et al., 2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

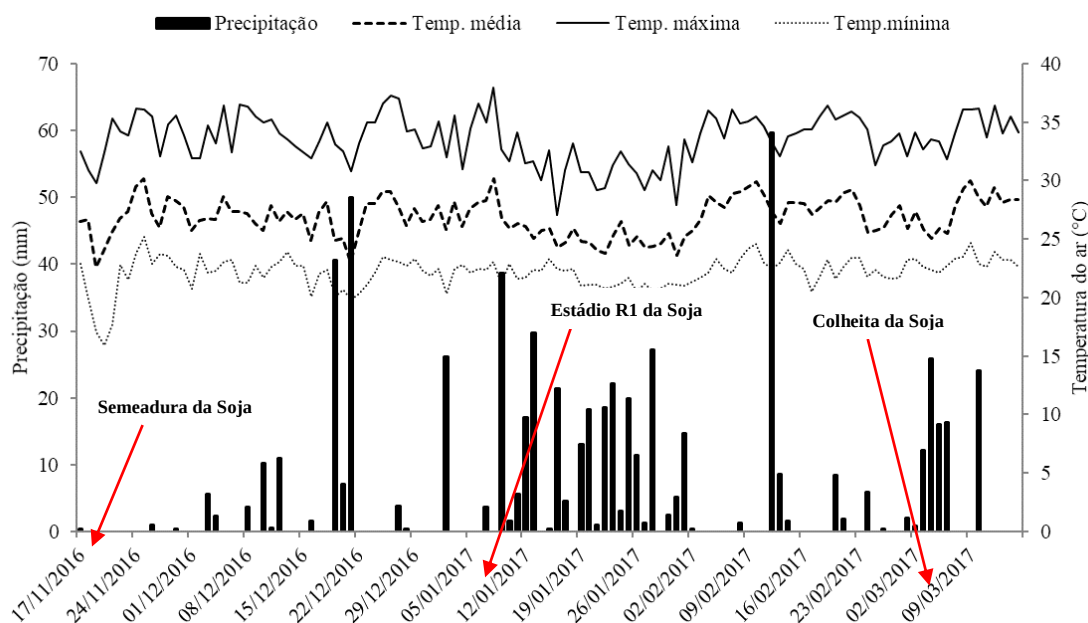
A pesquisa foi desenvolvida em dois experimentos no ano agrícola 2016/2017, em área irrigada (pivô central) e de sequeiro na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul (20°20'S e 51°24'W, altitude de 335 m). A região é caracterizada por clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno - Aw (KOPPEN, 2001), pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar média anual de aproximadamente 1.330 mm, 25°C e 66%, respectivamente (CENTURION, 1982). Nas Figuras 1 e 2 encontram-se os dados meteorológicos ocorridos nas áreas experimentais entre novembro/2015 a novembro de 2016 na condução do capim Marandu e entre novembro/2016 a março/2017 na condução da cultura da soja. O solo das áreas experimentais foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico argiloso, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Figura 1- Temperatura máxima e mínima e precipitação pluvial coletadas junto à área experimental no período de implantação do capim Marandu (17 de novembro de 2015) e os 4 cortes no capim realizados entre maio/2016 a setembro/2016. Selvíria - MS (2017).



Fonte: Próprio autor

Figura 2- Temperatura média, máxima, mínima e precipitação pluvial coletadas junto à área experimental no período de implantação (novembro de 2016) ao final dos experimentos com soja (março de 2017). Selvíria - MS (2017).



Fonte: Próprio autor

4.2 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL, CARACTERIZAÇÃO E PREPARO INICIAL

O solo no qual foi estabelecida a pesquisa, em ambas as áreas (sequeiro e irrigado) estava sendo cultivado com culturas anuais em SPD há doze anos, sendo na safra 2015/2016, a cultura anterior capim Marandu advindo do consórcio com milho, com quatro cortes no capim no outono/inverno de 2016 nas datas de 17/05/2016; 24/06/2016; 02/08/2016 e 08/09/2016, onde posteriormente foi dessecado e então semeada a soja em sucessão. O último cultivo de soja antes da instalação dos experimentos havia sido em 2012 no experimento localizado no sequeiro e em 2010 no experimento localizado na área irrigada.

Antes da semeadura da soja na safra 2016/2017, foi efetuada amostragem de várias sub-amostras coletadas ao acaso dentro de cada área experimental, compondo uma amostra composta, para avaliação da fertilidade do solo (RAIJ et al., 2001), pela avaliação inicial nas camadas de 0 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m (Tabelas 1 e 2).

Posteriormente, foi realizada a dessecação preliminar do capim e da flora daninha com uso do herbicida Glyphosate ($1,56 \text{ kg ha}^{-1}$ do ingrediente ativo (i.a.)), e em seguida foi semeada a soja no dia 17 de novembro de 2016, em ambas as áreas.

Tabela 1. Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPAs, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra 2016, em área de sequeiro. Selvíria, 2016/17.

Entressafra 2016 (0,00 – 0,10 m)												
Tratamentos	P(resina)	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----				-----				---- % ----
A. <i>brasilense</i>	25,0	33,0	5,6	5,4	37,1	34,4	26,9	1,8	76,9	103,8	74,0	1,5
Ureia	30,0	29,8	5,4	4,3	34,5	31,5	31,5	1,0	69,9	101,4	68,2	2,3
Controle	32,5	30,2	5,4	4,7	54,5	31,3	29,2	1,0	70,5	99,7	68,8	1,0
Entressafra 2016 (0,10 – 0,20 m)												
Tratamentos	P(resina)	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)	----- mmol _c dm ⁻³ -----				-----				---- % ----
A. <i>brasilense</i>	15,0	21,0	4,9	6,5	19,6	20,0	31,2	1,8	46,9	74,4	47,5	2,8
Ureia	18,5	23,8	5,1	3,7	21,8	21,2	36,2	1,0	46,7	82,9	82,9	3,3
Controle	21,5	23,2	4,9	4,2	18,7	18,7	35,3	2,0	39,9	75,3	52,2	3,8

Nota: A.*brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu)

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2. Atributos químicos do solo na camada 0-0,10 e 0,10-0,20 m durante a condução dos SIPAs, em sucessão ao cultivo do milho, na entressafra 2016, em área irrigada. Selvíria, 2016/17.

Tratamentos	Entressafra 2016 (0,00 – 0,10 m)											
	P(resina)	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				%	
<i>A. brasilense</i>	32,8	24,50	6,3	5,5	24,5	22,9	28,1	3,0	49,8	76,3	60,8	2,8
Ureia	35,8	23,8	6,5	5,1	25,4	23,3	28,1	3,0	50,6	77,2	61,2	1,8
Controle	34,0	23,5	5,3	3,6	26,5	26,2	26,7	1,0	56,4	83,0	65,0	2,3

Tratamentos	Entressafra 2016 (0,10 – 0,20 m)											
	P(resina)	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				%	
<i>A. brasilense</i>	33,5	25,0	5,3	4,6	25,2	23,4	27,2	1,8	53,3	80,5	64,8	2,3
Ureia	35,8	23,8	5,2	3,8	25,5	23,0	28,2	1,5	52,4	80,5	64,0	3,0
Controle	32,0	23,2	5,3	3,5	26,1	25,9	26,1	1,0	55,5	81,6	65,2	3,8

Nota: *A. brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu)

Fonte: Próprio autor.

4.3 INSTALAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DOS EXPERIMENTOS

4.3.1 Instalação do capim Marandu e aplicação dos tratamentos

A pastagem foi formada em consórcio com o milho semeado no dia 17/11/2015 (safra 2015/16), onde as sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,06 m, no espaçamento de 0,17 m, utilizando-se aproximadamente 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (VC=70%) para o capim Marandu. Na pastagem formada após o consórcio com milho, no período de outono à primavera (2015/16), foram realizadas quatro amostragens (cortes) para determinação da produtividade de matéria seca da parte aérea do capim Marandu em três amostras de 1 m² (quadrado de metal de 1,0 x 1,0 m) adotando-se como altura de corte 0,30 m, simulando o pastejo. As datas dos cortes variaram de 28 a 48 dias pelo efeito do desenvolvimento do capim e IAF. Após cada corte de avaliação realizada nas datas 17/05/2016; 24/06/2016; 02/08/2016 e 08/09/2016, toda a parcela foi roçada e o seu material retirado das áreas. O material coletado foi pesado e, em seguida, seco em estufa com ventilação forçada a 65 °C, por 72 h e pesado novamente para obtenção da massa seca (MS).

A capacidade produtiva de matéria seca do capim Marandu é em torno de 10 a 15 t ha⁻¹. Foi calculada a disponibilidade de forragem total por período de avaliação, obtida pela somatória de todos os cortes de cada período (kg ha⁻¹) e em cada área (sequeiro e irrigado). A aplicação dos tratamentos (*Azospirillum* via foliar e ureia) foi realizada, em média, três dias após a uniformização da área. A aplicação de N na forma de ureia foi em cobertura na dose de 50 kg ha⁻¹ sem irrigação posterior, enquanto que a pulverização foliar de *Azospirillum* foi realizada no período da manhã com uma bomba costal de 20 L, na dose de 200 mL em volume de calda de 200 L ha⁻¹.

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos para produtividade do capim em ambas as áreas de cultivo foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a 5% para verificação da normalidade dos dados, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software “R”.

4.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental dos experimentos (sequeiro e irrigado) foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 2, constituídos do cultivo da soja em sucessão ao capim Marandu submetido à três manejos: adubado com 50 kg ha⁻¹ de N (Ureia) à lanço a cada corte antecessor, simulando o pastejo (num total de 4 cortes aplicou-se 200 kg ha⁻¹ de N), com pulverização foliar a cada corte com *Azospirillum brasilense* na dose de 200 mL em calda de 200 L ha⁻¹ utilizando bomba costal de 20 L e numa condição sem adubação nitrogenada e sem pulverização com a bactéria diazotrófica após cada corte (controle), e em duas condições de semeadura da soja, inoculada na semente apenas com *Bradyrhizobium* ou co-inoculada com *Azospirillum brasilense*.

4.6 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DA CULTURA DA SOJA

Após o último corte do capim Marandu, antes da semeadura da soja em SPD, a vegetação da área experimental foi dessecada visando à erradicação da flora daninha e formação de palhada para continuidade do SPD, utilizando-se do herbicida Glyphosate (1,56 kg ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)), com volume de pulverização de 200 L ha⁻¹, não sendo realizado o manejo mecânico da braquiária.

O cultivar de soja (BMX POTÊNCIA RR) foi semeada mecanicamente no dia 17/11/2016, por meio de semeadora-adubadora com mecanismo sulcador tipo haste (facão) para SPD, a uma profundidade de aproximadamente 0,05 m, espaçamento de 0,45 m entrelinhas e cerca de 19 sementes por metro, objetivando um estande final próximo a 350.000 plantas ha⁻¹. Cada parcela experimental constou de 7 linhas de soja com 6 m de comprimento, perfazendo uma área útil de avaliação de 5,4 m² (3 linhas centrais com 4 m de comprimento).

No tratamento de sementes da soja foram utilizados o inseticida Imidacloprid + Tiodicarb na dose de 250 mL 100 kg⁻¹ de sementes e o fungicida Carboxim + Tiram na dose de 360 mL 100 kg⁻¹ de sementes. A soja em sucessão ao capim Marandu foi semeada com as sementes inoculadas apenas com *Bradyrhizobium japonicum* (líquido na dose 600.000 células por semente) ou co-inoculada com a mesma bactéria utilizada no capim Marandu, sendo o *Azospirillum brasilense* (produto comercial líquido com estirpes Ab-V5 e Ab-V6 (9x10⁸ UFC/mL) na dose de 200 mL para 40 kg sementes), sendo realizada a inoculação ou co-inoculação, à sombra, momentos antes da semeadura.

De acordo com a análise inicial do solo, seguindo as recomendações de Raij et al. (1997) para a cultura da soja, a adubação de semeadura foi constituída pela aplicação de 240 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16.

Os tratos culturais da soja foram realizados durante o ciclo reprodutivo, com o objetivo de controlar preventivamente o ataque de pragas e doenças, em duas épocas de aplicações, sendo a primeira no dia 21/01/2017 com o fungicida Epoxiconazol (0,6 L ha⁻¹), o inseticida-acaricida Clorpirifós (0,8 L ha⁻¹), e com os inseticidas Imidacloprido (0,8 L ha⁻¹) e Metomil (0,8 L ha⁻¹). A segunda aplicação foi realizada no dia 14/02/2017, com o fungicida Azoxistrobina (0,3 L ha⁻¹), e com os inseticidas Tiametoxam (0,2 L ha⁻¹), Metomil (0,6 L ha⁻¹) e Clorantraniliprole (0,05 L ha⁻¹).

4.7 AVALIAÇÕES

4.7.1 Estado nutricional das plantas de soja

No estágio R1 da soja (início do florescimento) foram coletados 30 trifólios por parcela (3º trifólio desenvolvido a partir do ápice da planta, devido ao cultivar ser de hábito de crescimento indeterminado) de acordo com Raij et al. (1996). O material coletado foi colocado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 h. Após secagem, o material foi moído em moinho tipo Willey, com armazenamento do material obtido em saquinhos plásticos, devidamente identificados. Nesse material foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

4.7.2 Índice de Clorofila Foliar (ICF) das plantas de soja

Também no estágio R1 da soja (início do florescimento) foram realizadas leituras do índice de clorofila foliar (ICF) com o auxílio do clorofilômetro digital (FALKER) em quatro folhas por parcela, usando para leitura o 3º trifólio desenvolvido a partir do ápice da planta.

4.7.3 Número de nódulos e massa de nódulos por planta

As avaliações foram realizadas em estágio R1 da soja, no dia 17 de janeiro de 2017, onde foram coletados com auxílio de um enxadão e uma pá, três plantas consecutivas na linha por parcela. A seguir, as raízes foram lavadas em água corrente com a finalidade de retirar a

terra que estava aderida, os nódulos foram destacados para contagem do número por planta. Posteriormente foram colocados em estufa por 48 horas à 65 °C com pesagem do material seco em balança de precisão e calculado a massa de matéria seca de nódulo por planta.

4.7.4 Características agronômicas

Foram coletadas por ocasião da colheita, no estágio R8, nas três linhas centrais com seis metros de comprimento (desprezando um metro de cada extremidade como bordadura), todas as plantas de soja, as quais foram identificadas e colhidas para as seguintes avaliações:

- **População final de plantas:** Simultaneamente a colheita das plantas no campo, foi realizada a avaliação da população final, contando-se em duas linhas de cinco metros todas as plantas e extrapolando para hectare.

- **Altura de plantas:** medindo-se à distância entre o colo e o ápice da haste principal, em 10 plantas por parcela.

- **Altura de inserção da primeira vagem:** medindo-se à distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem em 10 plantas por parcela;

- **Número de vagens por planta:** destacando e contando-se todas as vagens das plantas que apresentaram grãos e dividindo-se pelo número de plantas amostradas.

- **Número de grãos por planta e por vagem:** abrindo-se todas as vagens de 10 plantas, contou-se o número de grãos, dos quais calculou-se o número de grãos por planta e de grãos por vagem na razão entre número de grãos total por planta pelo número de vagens por planta.

- **Massa de 100 grãos:** Foi avaliado pela contagem de 100 grãos, da produção obtida em cada parcela, com posterior pesagem em balança de precisão, com média de 5 repetições por parcela.

- **Produtividade de grãos:** Foram coletadas as plantas de 2 linhas com 3 m na área útil de cada parcela, onde, após secagem ao sol, foram trilhadas mecanicamente e os grãos

pesados. Após pesagem, foi determinado o grau de umidade dos grãos com aparelho digital, e então transformados os dados obtidos em kg ha^{-1} (13% de umidade em base úmida).

4.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($P < 0,05$). As médias dos atributos avaliados, por efeito dos tratamentos em cada condição de cultivo (irrigado e sequeiro), foram comparados pelo teste de “Tukey”. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXPERIMENTO DE SEQUEIRO

5.1.1 Produtividade de matéria seca do capim Marandu

A produtividade de matéria seca do capim-marandu no ano de 2016 (Tabela 3) demonstram a alta eficiência do *Azospirillum brasilense*, em que no terceiro corte (02/08/2016) e no acumulado de todos os 4 cortes apresentou maior produtividade de massa seca total (PMST) em relação ao controle (8,36%) e semelhança da produtividade em relação a adubação nitrogenada (1,25%). Entretanto, Hanisch et al. (2017) avaliando 4 cortes do capim Marandu submetido a inoculação por *Azospirillum* na semente e a 4 doses de N em cobertura, não observaram resultados positivos entre a inoculação e doses de N, porém verificaram valores de massa seca total de 4881 kg ha⁻¹, valores esses próximos ao presente trabalho (4700 kg ha⁻¹), apenas com inoculação de *Azospirillum* na ausência de adubação nitrogenada. De acordo com a Figura 1, nota-se que antes do 3º corte do capim houve um grande intervalo sem chuva, denotando um regime hídrico escasso e desuniforme, o que pode inferir na ação da bactéria diazotrófica *Azospirillum brasilense* nesta condição de déficit hídrico, que promoveu maior crescimento radicular ao longo do perfil do solo, aumentando a absorção de água e nutrientes nas camadas mais profundas.

Tabela 3. Produtividade de matéria seca do capim Marandu após aplicação foliar com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em área de sequeiro, na entressafra do ano agrícola de 2016. Selvíria-MS, 2016/17.

Tratamentos	Entressafra 2016				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	PMS Total kg ha ⁻¹
	ns	ns	*	ns	ns
A. brasilense	1304	929	1425 a	1042	4700
Ureia	1334	1164	1279 b	864	4641
Controle	1228	900	1247 b	932	4307
DMS	418,5	372	243	526	969
Média geral	1289	998	1317	946	4550
CV (%)	18,7	21,6	10,6	32,1	12,31

Nota: *Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. A. *brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (50 kg ha⁻¹ de N); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu)

Fonte: Próprio autor.

O sucesso da interação entre as bactérias diazotróficas de vida livre e as gramíneas forrageiras podem ser influenciados pelo tipo de solo e clima (BRASIL et al., 2005; SILVA et al., 2010). A associação entre as raízes das gramíneas e o *A. brasilense* não se dá de forma simbiótica pois não ocorre a penetração da bactéria nas células das raízes, e tampouco formação de nódulos, no entanto, há a colonização da rizosfera por essas bactérias diazotróficas, estimulando a produção de fitormônios, e resultando em maior crescimento das raízes, absorção de água e nutrientes (HUNGRIA et al., 2011). Há carência de informações sobre a utilização do *Azospirillum* visando suprir o N em gramíneas forrageiras, uma vez que a maioria dos trabalhos realizados com *Poaceae* foram com trigo e milho.

Sabe-se que devido a produção de substâncias promotoras de crescimento, como auxinas, giberelinas e citocininas, pelas espécies de *Azospirillum*, o crescimento radicular de gramíneas, como as forrageiras, é mais intenso (BASHAN, 2010) quando inoculado com esse microrganismo e, por consequência, há maior absorção de água e nutrientes pelas plantas. Além do que, essa estirpe é classificada como diazotrófica, podendo fixar N₂ atmosférico, o que contribui para a nutrição nitrogenada para o capim Marandu. Nesta linha de pesquisa, Okon e Vanderleyden (1997) afirmam que esses microrganismos contribuem, não só com a FBN, mas principalmente, proporcionam alterações morfológicas e fisiológicas nas raízes de plantas inoculadas, o que pode gerar maior crescimento também da parte aérea.

5.1.2 Teores nutricionais foliares e Índice de clorofila foliar (ICF) na soja

Comparando os valores apresentados na Tabela 4 com a diagnose do estado nutricional de soja no estado de Mato Grosso do Sul (KURIHARA et al., 2014) e com o Boletim 100 (RAIJ et al., 1996), observa-se que os teores foliares de N, P, K e S na soja se encontram adequados para uma boa produtividade da cultura, com exceção ao Ca e Mg que apresentaram teores inferiores. Não houve interação significativa entre os tratamentos de residual dos manejos do capim Marandu e/ou inoculação da soja, em nenhuma das avaliações realizadas relacionadas aos teores foliares de macronutrientes e índice de clorofila foliar (ICF) (Tabela 4). Também não foi constatada diferença entre inoculação com *Bradyrhizobium* e co-inoculação com *Azospirillum* para os teores de macronutrientes e clorofila nas folhas da cultura da soja.

Apesar das concentrações de Ca e Mg no solo estarem adequados, foram verificados baixos teores de Ca e Mg foliares (Tabela 4), porém não foram visualizados sintomas de

deficiência nas folhas da soja, caracterizando a necessidade de avaliação dos teores adequados ao material genético mais atual em relação aos utilizados na caracterização efetuada por Raij et al. (1996). Apesar do N estar correlacionado positivamente ao índice de clorofila foliar (ICF), onde maiores conteúdos de N nos tecidos foliares levam a uma maior quantidade de clorofila, não houve resultado significativo entre estas duas variáveis, pois nem todo N absorvido é transformado em clorofila. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Zuffo et al. (2015), que em experimento com soja cultivada em vasos, também constataram que não houve efeitos significativos nos teores de N e clorofila na cultura da soja co-inoculada com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasilense*.

Porém, os autores verificaram resultados significativos para teor de N e clorofila na ausência de co-inoculação. Possivelmente, quando a soja foi inoculada apenas com *Bradyrhizobium*, por uma possível competição por fotoassimilados entre as bactérias deste gênero com as espécies nativas do solo, pode ter impedido o efeito benéfico do *Azospirillum brasilense* sobre as condições analisadas. Também pode ser atribuído o não efeito da co-inoculação ao fato da soja ter sido cultivada em vasos, sob temperatura e umidade controlada, não retratando a condição real de campo, como no presente trabalho.

Apesar do tratamento com *Azospirillum* ter proporcionado maiores valores de massa seca total na braquiária (Tabela 3), o residual dessa bactéria no solo não interferiu significativamente para os teores de macronutrientes e ICF da soja. A co-inoculação nas sementes de soja, mesmo apresentando teores de macronutrientes superiores, com exceção do S, em relação a inoculação apenas com *Bradyrhizobium*, não apresentou resultados significativos.

Tabela 4. Valores de F e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S e índice de clorofila foliar (ICF) na soja, em função do manejo antecessor do capim Marandu e inoculação com bactérias diazotróficas. Selvíria-MS, 2016/17.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	ICF
-----g kg ⁻¹ -----							
RESIDUAL							
<i>Azospirillum</i>	40	4,2	18	6,2	2,9	2,8	45,8
UREIA	45	4,1	20	6,7	2,8	2,6	46,9
Controle	42	4,3	21	6,9	2,9	2,6	47
DMS	16,72	0,56	3,07	1,62	0,47	0,56	1,62
BRADY	42	4,1	19	6,6	2,8	2,8	46,5
AZO + BRADY	43	4,3	20	6,6	2,9	2,6	46,6
DMS	11,23	0,37	2,06	1,09	0,31	0,37	1,08
TESTE F							
Residual (R)	0,34 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,66 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,26 ^{ns}
Inoculação	0,01 ^{ns}	0,36 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,07 ^{ns}
R x I	0,52 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,53 ^{ns}
CV (%)	30,83	10,54	12,2	19,28	13,04	16,48	2,68

Nota: ns: não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. *A. brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias *A. brasilense* e *B. japonicum*)

Fonte: Próprio autor

5.1.3 Número de nódulos, massa de nódulos e características agronômicas da soja

Os valores obtidos para altura de plantas (AP) e de inserção da primeira vagem (AIPV) (Tabela 5) estão acima das médias encontradas para esta cultivar (AGUILA, 2011), ou seja, superior a 50 e 12 cm, respectivamente, valores estes mínimos para se evitar perdas durante a colheita da soja.

A altura de inserção das primeiras vagens está positivamente correlacionada com a altura de plantas e, como a soja é uma planta na qual a colheita é realizada principalmente de

forma mecanizada, estas características são essenciais para se reduzir as perdas no processo, e, conforme os tratamentos, os valores são favoráveis para colheita mecanizada. Bulegon et al. (2016), cultivando em casa de vegetação genótipos de soja (BMX Turbo/CD 250) com hábito de crescimento similar a este trabalho (BMX Potência), verificaram que a inoculação e co-inoculação da soja com as mesmas espécies de bactérias diazotróficas, resultou em média de altura de plantas de 55 cm, valor este menor que a média de AP na soja inoculada e co-inoculada encontrada no presente trabalho, que foi de 79 cm.

Tabela 5. Valores de F e médias para altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP) em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2016/17.

Tratamento	AP (cm)	AIPV (cm)	PF	NVP	NGV	NGP
RESIDUAL						
<i>Azospirillum</i>	80	15,0	308681	41,6	2,3	94,0
UREIA	78	13,9	296007	40,7	2,4	97,4
Controle	79	15,8	304167	41,1	2,4	109,7
DMS	9,61	2,41	13910	17,87	0,19	35,99
BRADY	76	14,6	306481	43,4	2,3	100,0
AZO+BRADY	82	15,2	299421	38,8	2,4	100,8
DMS	6,43	1,61	9315	11,97	0,13	24,10
TESTE F						
Residual (R)	0,08 ^{ns}	2,00 ^{ns}	2,88 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,18 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Inoculação (I)	3,35 ^{ns}	0,68 ^{ns}	2,61 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,00 ^{ns}
R x I	0,75 ^{ns}	4,42 [*]	6,86 ^{**}	0,24 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,33 ^{ns}
CV (%)	9,36	12,49	3,53	33,48	6,53	27,60

Nota: ns: não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. A. *brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias A. *brasilense* e B. *japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

A altura de inserção de primeira vagem e a população final de plantas (PF) apresentaram resultados positivos na interação entre os tratamentos (Tabela 5). É

compreendido que quando se tem maior população de plantas, há um maior estiolamento destas, devido a competição por luz, resultando em maior altura de inserção de primeira vagem. Segundo Mauad et al. (2011), geralmente tem-se uma maior inserção das primeiras vagens com o aumento da população de plantas, fato explicado pela competição e consequente estiolamento das plantas em busca de luz.

No desdobramento da interação (Tabela 6), observa-se que a co-inoculação na semente de soja sobre o residual de *Azospirillum* no solo, oriundo do residual da pulverização foliar no capim Marandu, antes da semeadura da soja, pode ter potencializado a fixação de N e produção de fitormônios, devido ao fato de gramíneas, como a braquiária serem hospedeiras do *Azospirillum*, resultando em maior altura de inserção de primeira vagem da soja em sucessão. De acordo com Ferlini et al. (2006), este sinergismo promovido entre as bactérias formadoras de nódulos (*Bradyrhizobium*) e diazotróficas de vida livre (*Azospirillum*) estimula uma potencialização da nodulação e/ou maior crescimento radicular, explorando um volume mais amplo de solo, com maior absorção de água e nutrientes.

Finoto et al. (2017), avaliando o desenvolvimento e produtividade da soja co-inoculada com *Azospirillum*, obtiveram resultados inferiores de média de altura de inserção de primeira vagem (13,86 cm) quando comparado a média na soja co-inoculada do presente trabalho (15,2 cm) (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento das interações significativas do residual no capim Marandu x com ou sem a co-inoculação na semente, para a altura de inserção da primeira vagem de plantas de soja (AIPV), durante o ano agrícola 2016/17. Selvíria-MS, 2016/17.

Residual	Inoculação	
	BRADY	AZO + BRADY
AIPV		
<i>Azospirillum</i>	13,37 aB	16,55 aA
UREIA	13,40 aA	14,42 aA
Controle	16,92 aA	14,61 aA

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A. *brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim-marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias A. *brasilense* e B. *japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

Na Tabela 7, com o desdobramento do efeito dos tratamentos sobre a população de plantas, tem-se que os residuais de *Azospirillum* no capim antecessor e o controle (sem N e *Azospirillum*), proporcionaram maior população final de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium*, em relação ao residual da ureia no capim. Fato este que pode estar relacionado a alta produtividade de massa seca de braquiária verificada nos tratamentos submetidos à adubação nitrogenada, dificultando a plantabilidade da soja nestes tratamentos em particular, interferindo com menor estande inicial.

Na literatura são muitos os relatos de trabalhos, em que o nitrogênio é o nutriente mais requerido na adubação de manutenção de gramíneas forrageiras (CABRAL et al., 2016), sendo que o adequado suprimento de N, permite o maior perfilhamento da gramínea (NABINGER; CARVALHO, 2009). Dependendo da alta quantidade de fitomassa, após a dessecação da forrageira, a plantabilidade da cultura subsequente pode ser dificultada (BALBINOT JUNIOR et al., 2011), devido à grande quantidade de massa seca depositada na superfície do solo, como no uso do capim Marandu que normalmente fornece, em média, de 10 t ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca.

Em relação a soja inoculada apenas com *Bradyrhizobium* sob o residual na testemunha do capim antecessor (Tabela 7) houve maior população de plantas quando comparada a soja co-inoculada, podendo inferir que pelo fato de ser um tratamento que vem sendo conduzido desde 2015 sem residual de N no solo, a restrita quantidade deste nutriente proporcionou, neste caso, uma possível competição entre as bactérias simbiotes (*Bradyrhizobium* e *Azospirillum*) pelos fotoassimilados, corroborando com as observações feitas por Zuffo et al. (2015), ou até mesmo um efeito antagônico entre as bactérias na rizosfera. De acordo com Freitas et al. (2012), as estirpes nativas de rizóbio podem ser tão eficientes quanto a estirpe recomendada para inoculação das sementes, na ausência de N. Assim, no presente trabalho, pode ter ocorrido uma menor competição pelos fotoassimilados entre as bactérias nativas x *Bradyrhizobium* no tratamento onde a soja foi apenas inoculada, em relação onde a soja foi co-inoculada, resultando numa maior população de plantas.

O número de vagens por planta (NVP), de grãos por vagem (NGV) e de grãos por planta (NGP) não apresentaram resultados significativos para os tratamentos analisados (Tabela 5). Braccini et al. (2016) trabalhando com co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja, verificaram resultados superiores de número de vagens por planta na soja quando comparado ao presente trabalho, porém a produtividade foi inferior. Este fato é comum na soja de cultivares de crescimento indeterminado pelo efeito compensatório entre os componentes da produção, onde pela

redução do número de plantas há um incremento do número de vagens e, quando com maior número destas há menor número de grãos compensados pelo ganho de massa nos grãos (SOUZA et al., 2010).

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa do residual x com ou sem a co-inoculação de sementes, para a população final de plantas de soja (PF), durante o ano agrícola 2016/17. Selvíria-MS, 2016/17.

Residual	Inoculação	
	BRADY	AZO + BRADY
PF (plantas ha ⁻¹)		
<i>Azospirillum</i>	314930 aA	302430 aA
UREIA	288541 bA	303472 aA
Controle	315972 aA	292361 aB

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúscula na coluna e maiúscula na linha diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. *A. brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias *A. brasilense* e *B. japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

Verifica-se que não houve resultados significativos para massa de 100 grãos (M 100), produtividade de grãos (PROD) e número de nódulos por planta (NNP), entretanto, houve resultados positivos para massa de nódulos por planta (MNP) onde o residual de *Azospirillum* no solo proporcionou maiores MNP em relação à ureia e o controle (Tabela 8), podendo o *Azospirillum* ter promovido maior desenvolvimento do sistema radicular e com isso maior massa de nódulos pela extensão da raiz. Apesar da massa de 100 grãos estar próximo da recomendada para esta cultivar de soja, que é de 16,8 gramas, tanto o residual do capim como o modo de inoculação das sementes de soja não afetaram significativamente este componente da produção.

O inoculante *Azospirillum* na forma líquida pode ter colaborado para ausência de resultados significativos, pois as altas temperaturas e o balanço hídrico irregular, após a semeadura da soja (Figura 2), pode ter causado a baixa longevidade das bactérias (BRASIL et al., 2005; KANEKO et al., 2015). Bárbaro et al. (2011), trabalhando com soja co-inoculada com *B. japonicum* e *B. elkanii* ambos turfosos, juntamente com *Azospirillum* líquido e turfoso, observaram que a forma turfosa de *A. brasilense*, pode ter colaborado para resultados

superiores para a massa de grãos. Brandão Junior e Hungria (2000), trabalhando com efeito de doses do inoculante *Bradyrhizobium elkanii* turfoso, verificaram que embora alguns inoculantes líquidos apresentassem alta concentração de células de bactérias, as respostas, em campo, ainda foram maiores quando se utilizou os inoculantes turfosos. Uma possível causa seria a conferência de certa proteção ao rizóbio pela turfa, particularmente nos casos de variações ambientais como, estresse hídrico, variação de temperatura e contato com substâncias químicas como fungicidas e micronutrientes.

Galindo et al. (2018) trabalhando com as cultivares de soja Potência RR e Valiosa RR com e sem co-inoculação na semente, observaram que ambas as cultivares apresentaram resultados significativos para a massa de 100 grãos quando da co-inoculação com *Azospirillum*, com incrementos de 5,7 % e 1,6 %, respectivamente. Os mesmos autores verificaram resultados positivos para o número de vagens por planta e produtividade de grãos de soja quando co-inoculada com a bactéria diazotrófica *Azospirillum*, tendo um incremento de produtividade de 545 kg ha⁻¹.

A média da produtividade de soja em sequeiro (Tabela 8) obtida no experimento foi superior à média nacional da safra 2016/2017, que foi de 3364 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017), a inoculação e a co-inoculação das sementes de soja não apresentaram diferenças significativas. Trabalho semelhante foi realizado por Gitti (2015) na região de Maracaju-MS, o qual obteve produtividades inferiores em relação ao presente trabalho, e também não foi observado efeito, tanto na inoculação quanto na co-inoculação das sementes de soja com as mesmas espécies de bactérias. Enquanto que Braccini et al. (2016), trabalhando com co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na soja, obtiveram resultados positivos apenas quando inoculado com *Bradyrhizobium*, sem efeito da co-inoculação em ambas.

No presente trabalho, a alta produtividade (Tabela 8) pode ser atribuída ao histórico de 12 anos em SPD e adequada fertilidade do solo, com resultado de elevados número e massa de nódulos por planta de soja, que em conjunto com a alta quantidade de material orgânico deixado como palhada de braquiária antecessora, pode ter mascarado o efeito da co-inoculação. Ainda se analisando a Tabela 8, o número médio de nódulos por planta (NNP), nos tratamentos envolvendo apenas o modo de inoculação na semente da soja (inoculado e co-inoculado), foi superior a 55 nódulos por planta, com produtividade da soja acima da média nacional, confirmando descrições de Câmara (2000), que pode ser comprovado pela não diferença no teor de N foliar na Tabela 4. De acordo com o autor, no estágio de florescimento, plantas com 10 a 30 nódulos ativos, apresentam potencial para fixar altos teores de nitrogênio, obtendo consequentemente elevadas produtividades.

Tabela 8. Valores de F e médias para número de nódulos por planta (NNP), massa de nódulos por planta (MN), massa de 100 grãos (M 100) e produtividade de grãos de soja (PROD), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2016/17.

	NNP	MN (g)	M 100 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
RESIDUAL				
<i>Azospirillum</i>	65,62	0,79 a	15,29	3922
UREIA	48,37	0,69 b	15,13	4269
Controle	52,75	0,70 b	15,09	4159
DMS	18,43	0,08	1,04	685,71
INOCULAÇÃO				
BRADY	59,16	0,73	15,41	4105
AZO+BRADY	52,00	0,71	14,94	4128
DMS	12,34	0,05	0,70	459,18
TESTE F				
Residual (R)	3,19 ^{ns}	5,11 [*]	0,14 ^{ns}	0,91 ^{ns}
Inoculação (I)	1,53 ^{ns}	0,46 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
R x I	1,63 ^{ns}	3,68	2,14 ^{ns}	0,29 ^{ns}
CV (%)	25,52	9,31	5,33	12,82

Notas: Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. ns: não significativo. *A. brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias *A. brasilense* e *B. japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

Apesar dos resultados do presente trabalho não diferirem em relação ao modo de inoculação e ao residual antecessor do capim Marandu, os resultados foram satisfatórios quando comparado a diversos trabalhos na literatura, com número de nódulos superior aos obtidos Braccini *et al.* (2016) e Bárbaro *et al.* (2011), com médias de 14,42 e 19,47 respectivamente, contra 55,58 NNP do presente trabalho. Com isso, pode ser averiguado que a aplicação do *Bradyrhizobium japonicum* associado à *Azospirillum brasilense*, retrata a capacidade das bactérias em promover maior desenvolvimento das plantas de soja, com impacto positivo sobre a produtividade de grãos.

Em contrapartida, a massa de nódulos por planta de soja (MN) foi influenciada positivamente pelo tratamento de residual do *Azospirillum* antecessor no capim Marandu (Tabela 8). Considerando a hipótese de que o *Azospirillum* por estimular a produção de fitohormônios, aumentou a massa desses nódulos, e consequentemente com a maior fixação de nitrogênio, onde mesmo não havendo efeito significativo para teores de N, devido ao efeito diluição em detrimento do maior acúmulo de matéria seca na planta, resultou na produtividade satisfatória aqui obtida. Os resultados obtidos no presente trabalho para MN, tanto para soja inoculada, quanto para co-inoculada, foram muito superiores quando comparado aos obtidos por Bárbaro et al. (2011), que apesar de não diferir estatisticamente, esta alta massa de nódulos pode ter interferido na diferença de produtividade entre os trabalhos.

Ferlini et al. (2006), também retrataram que o *Azospirillum brasilense* tem a capacidade de produzir fitohormônios (auxinas, giberelinas, citocininas e etileno) que podem contribuir para um maior desenvolvimento do sistema radicular e maior produção de nódulos. Estes hormônios atuam nas células das raízes, promovendo divisões celulares, com afrouxamento das paredes celulares, e consequentemente, maior crescimento de tecidos. Os modos de inoculação na soja (inoculação com *Bradyrhizobium* ou co-inoculada com *Azospirillum*) não apresentaram resultados significativos para a MN, podendo estar atribuído à baixa umidade do solo e à alta temperatura no momento da semeadura da soja, podendo ter interferido na eficiência e longevidade dessas bactérias (Figura 2). Hungria et al. (2013) atribuíram os efeitos de estresse hídrico e temperatura elevada, como fatores importantes que podem afetar a fixação biológica de nitrogênio, e consequentemente a produtividade da soja.

Os resultados obtidos no experimento conduzido no sequeiro, quando comparado aos estudos da mesma temática, mostraram nodulação satisfatória e acima da média, uma vez que a inoculação resultou em maior massa de nódulos por planta (em torno de 740 mg), sendo que para garantir o fornecimento de N na cultura da soja, a massa de nódulos deve variar entre 100 e 200 mg planta⁻¹ (HUNGRIA et al., 2007).

5.2 EXPERIMENTO IRRIGADO

5.2.1 Produtividade de matéria seca do capim Marandu

A produtividade de matéria seca do capim-marandu no ano de 2016 (Tabela 9) não foi significativa nos quatro cortes, porém similar ao experimento conduzido no sequeiro, onde as

maiores quantidades de massa seca total foram obtidas nos tratamentos com pulverização foliar de *A. brasilense* no capim Marandu, com valores percentuais de massa seca total superior a 8,33% do experimento de sequeiro. No período entre início de junho/2016 e meados de agosto/2016 (Figura 1), pode ser observado um intervalo sem chuva e com temperatura máxima aumentando gradativamente, onde o suprimento de água nas plantas via irrigação por pivô central, juntamente com o aumento de temperatura, proporcionou maior crescimento do capim e maior produtividade de massa seca. Está maior quantidade de massa seca deixada pela forrageira após a dessecação com glifosato, apesar das vantagens em disponibilizar maior quantidade de matéria orgânica mineralizada ao solo, reter umidade e diminuir a temperatura do solo, trouxe alguns problemas na plantabilidade da soja. Devido à alta massa seca, causou envelopamento das sementes de soja, desuniformidade de germinação, e menor estande final de plantas (Tabela 11), porém estes fatores não interferiram na produtividade de grãos da soja.

Tabela 9. Produção de matéria seca do capim Marandu após aplicação foliar com *Azospirillum brasilense* ou adubação nitrogenada em área irrigada, na entressafra do ano agrícola de 2016. Selvíria-MS, 2016/17.

Tratamentos	Entressafra 2016				
	1º corte 17/05/16	2º corte 24/06/16	3º corte 02/08/16	4º corte 08/08/16	PMS Total Kg ha ⁻¹
	ns	ns	ns	Ns	ns
<i>A. brasilense</i>	1541	991	1591	1004	5127
Ureia	1389	801	1293	894	4377
Controle	1581	802	1674	693	4750
DMS	511	218	601	412	995
Média geral	1504	865	1520	864	4751
CV (%)	19,6	14,6	22,8	27,6	12,10

Nota: *Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. *A. brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias *A. brasilense* e *B. japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

5.2.2 Teores nutricionais foliares e Índice de clorofila foliar (ICF) da soja

Na Tabela 10, nota-se que no experimento instalado na área sob pivô central (irrigado), que não houve efeito entre os tratamentos de residual do capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu, dos modos de inoculação e tampouco da interação entre o residual e o modo de inoculação para os teores foliares de macronutrientes e índice de clorofila foliar (ICF).

De acordo com a diagnose do estado nutricional de soja no estado de Mato Grosso do Sul (KURIHARA et al., 2014), observa-se que os teores de N foliares estão com altos valores, porém sem efeito significativo para o índice de clorofila foliar (ICF). Segundo BOOIJ et al. (2000), o teor de clorofila na folha é levado em consideração para predizer o estado nutricional em nitrogênio (N) nas plantas, devido ao fato de a quantidade desse pigmento correlacionar-se positivamente com teor de N na planta, uma vez grande parte do nutriente nas folhas estão contidas nos cloroplastos para síntese da molécula de clorofila.

O enxofre (S) encontra-se em sua maior parte na composição das proteínas, associadas ao nitrogênio, participando da formação de alguns aminoácidos importantes para o metabolismo energético. As assimilações de nitrogênio e enxofre em caso de deficiência de um destes, podem reprimir a via assimilatória do outro (MALAVOLTA, 2005). Entretanto, os teores foliares de S e N na soja analisada, assim como os demais macronutrientes, apesar de apresentarem teores foliares dentro do padrão para cultura da soja, não diferiram para os tratamentos (Tabela 10).

Quando comparado ao experimento conduzido sob condições de sequeiro, observa-se que os teores de macronutrientes foram superiores no experimento irrigado, podendo ser explicado pela disponibilidade de água via irrigação nas fases críticas para o desenvolvimento da cultura, em que as plantas de soja apresentam maior capacidade de absorver esses macronutrientes da solução do solo, principalmente na fase reprodutiva (florescimento e granação).

Segundo Hossain et al. (2014), dentre os estádios fenológicos que a soja apresenta, a fase reprodutiva é considerada o período mais decisivo no desenvolvimento e produtividade da soja, afetando principalmente nos estádios de formação e enchimento das vagens. A disponibilidade de nutrientes minerais no sistema solo-planta é dependente de uma série de fatores, devido às diferentes interações iônicas que podem ocorrer entre os elementos. Sabe-se que altos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo causam inibição competitiva com o potássio (K), ou seja, disputam o mesmo canal de absorção, diminuindo a absorção dos elementos que estiverem em menor concentração na solução do solo (MOREIRA et al., 1999). De acordo com Scherer (1998), teores foliares de potássio (K) em soja, com valores superiores a 14 g kg^{-1} , colaboram para atingir 90% de rendimento de produção máxima. Observa-se na Tabela 10 que os teores foliares de potássio em todos os tratamentos mantiveram-se acima do valor apresentado por Scherer (1998). Segundo o mesmo autor, a produtividade da soja pode ser beneficiada em função da relação positiva dos teores de potássio presente no solo, com o teor foliar de K na planta. Apesar dos teores suficientes de

Ca e Mg, os teores de K não foram influenciados nos tratamentos, o que demonstra equilíbrio entre as bases trocáveis na planta.

Tabela 10. Teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S e índice de clorofila foliar (ICF) na soja, em função do manejo antecessor do capim Marandu e inoculação com bactérias diazotróficas. Selvíria-MS, 2016/17.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	ICF
-----g kg ⁻¹ -----							
RESIDUAL							
<i>Azospirillum</i>	42	4,5	21	7,5	2,9	3,7	44
UREIA	42	4,5	20	7,4	2,9	4,0	43,4
Controle	48	4,8	19	6,9	2,9	4,1	43,8
DMS	8,87	0,46	4,36	1,39	0,71	1,84	2,34
BRADY	43	4,6	20,4	7,5	3,12	4,22	43,61
AZO + BRADY	45	4,6	19,1	7,1	2,8 n	3,69	43,79
DMS	5,96	0,31	293	0,93	0,47	1,23	1,57
TESTE F							
Residual (R)	2,07 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Inoculação	0,45 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,06 ^{ns}
R x I	1,78 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,09 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,19 ^{ns}
CV (%)	15,76	8,0	17,32	14,94	18,95	36,51	4,13

Nota: ns: não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. *A. brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias *A. brasilense* e *B. japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

Observa-se teores foliares de fósforo (P) acima da média, podendo concluir que os valores obtidos no solo, poderiam estar na forma de fósforo disponível, não ocorrendo sua fixação pelos óxidos de ferro (Fe) e/ou pelo alumínio (Al), ocorrendo assim uma maior concentração de P na solução do solo e absorção pelas plantas (ERNANI et al., 1996). Em pH do solo acima de 5,5 até 6,5 ocorre uma maior disponibilidade de P para as plantas (PROCHNOW et al., 2004), não sendo observado nestas faixas de pH, alumínio tóxico,

devido a precipitação do Al trocável em óxido de alumínio, podendo-se observar neste trabalho (Tabela 2), que na camada de 0 a 0,20 m, a média de pH de todos os tratamentos foi de 5,65 o que favoreceu a absorção do P e dos demais macronutrientes pelas raízes da soja.

5.2.3 Número de nódulos, massa de nódulos e características agronômicas da soja

Na Tabela 11, observa-se que a altura de plantas (AP) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV) foram maiores no experimento irrigado quando comparadas ao experimento conduzido no sequeiro. Isto pode ser explicado pelo fato do experimento conduzido no pivô (irrigado) ter apresentado uma maior quantidade de palha do capim Marandu na superfície do solo na pré-semeadura da soja, que pela boa disponibilidade de água ao longo do desenvolvimento do capim Marandu e devido a boa nutrição da soja, favoreceu seu crescimento que ao final dos quatro cortes proporcionou 4,25% a mais de matéria seca em relação ao experimento sob condições de sequeiro (Tabela 3 e Tabela 9). Também pode ser inferido, que após o último corte (08/09/2016), a alta quantidade de palhada deixada pelo capim Marandu na pós-dessecação, levou ao estiolamento das plantas de soja em busca de luz, resultando nos altos valores de AP e AIPV (Tabela 11).

Segundo Franchini et al. (2014), a grande quantidade de palhada na superfície do solo pode incrementar o estiolamento em plantas de soja, resultando em maior altura de plantas na colheita. Sendo assim, logo após a emergência da cultura, para aumentar a capacidade de interceptação de luz, o sombreamento imposto pela palha leva ao alongamento do hipocótilo e epicótilo da soja (DEBIASI et al., 2012).

Apesar da quantidade de palhada no experimento irrigado ter sido superior ao experimento conduzido no sequeiro, o estabelecimento da população final de plantas ainda foi maior no irrigado, podendo-se inferir que o déficit hídrico e às altas temperaturas na soja cultivada em sequeiro, interferiu na germinação das plântulas nas primeiras semanas após a semeadura (Figura 2), resultando em menor população final. Fatores como o tipo de solo (arenoso ou argiloso), épocas de semeadura, duração dos veranicos e os diferentes comportamentos das diversas cultivares de soja existentes no mercado, devem ser levados em consideração na tolerância das plantas em relação ao estresse hídrico. Trabalhos realizados por Cunha et al. (1998), apontaram a perda de produtividade potencial da soja por deficiência hídrica, levando em conta as interações entre local, época de semeadura e grupo de maturação das diferentes cultivares avaliadas.

Tabela 11. Valores de F e médias para altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), população final de plantas (PF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2016/17.

Tratamento	AP (cm)	AIPV (cm)	PF	NVP	NGV	NGP
RESIDUAL						
<i>Azospirillum</i>	90	16,3	328810	44,4	2,2	99,14
UREIA	81	15,2	330382	50,5	2,4	123,3
Controle	86	16,6	324826	48,9	2,3	112,5
DMS	9,13	3,37	17725	11,89	0,23	32,63
INOCULAÇÃO						
BRADY	86,0	15,8	337153 a	47,7	2,4	112,2
AZO + BRADY	85,2	16,3	318866 b	48,2	2,3	111,1
DMS	6,11	2,25	11869	7,96	0,15	21,85
TESTE F						
Residual (R)	3,23 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,96 ^{ns}	3,04 ^{ns}	1,86 ^{ns}
Inoculação (I)	0,08 ^{ns}	0,25 ^{ns}	10,78 ^{**}	0,02 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,01 ^{ns}
R x I	0,67 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,22 ^{ns}	3,15 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,87 ^{ns}
CV (%)	8,21	16,18	4,16	19,09	7,49	22,49

Nota: ns: não diferem entre si pelo teste de Tukey. ** e *: significativo ao nível de 1 e 5% respectivamente. A. *brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias A. *brasilense* e B. *japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

Observa-se ainda na Tabela 11, que a população final de plantas (PF) apresentou significância para o modo de inoculação na soja, onde a inoculação com a bactéria *Bradyrhizobium* proporcionou maior população de plantas quando comparada à co-inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense*. Devido a difícil plantabilidade da soja por efeito da grande quantidade de palha do capim Marandu antes da semeadura da soja (Tabela 9), e da desuniformidade de germinação nos tratamentos, fica difícil atribuir que a co-inoculação possa ter interferido negativamente no estabelecimento da população final.

Possivelmente no momento da semeadura da soja, mesmo utilizando o disco de corte e a roda compactadora, pode ter ocorrido o “envelopamento” de sementes nos tratamentos com sementes co-inoculadas (*Bradyrhizobium* + *A. brasilense*), promovendo a deposição das sementes de soja sobre a palha enterrada da forrageira, podendo resultar em menor população final de plantas entre os tratamentos analisados na área irrigada.

Para minimizar efeitos negativos na plantabilidade é importante que as máquinas apresentem regulação adequada, com distribuição precisa de sementes e fertilizantes (EMBRAPA, 1994). Um dos problemas de desempenho que as semeadoras-adubadoras para semeadura direta têm apresentado em solos argilosos, similar ao do presente trabalho, são o corte não homogêneo da vegetação, “embuchamentos”, alta aderência do solo aos componentes da semeadora, desuniformidade da profundidade de semeadura e contato inadequado do solo com as sementes, interferindo na uniformidade ou ausência de emergência de plantas (CASÃO JÚNIOR et al., 1997; ARAÚJO et al., 1998).

Pesquisas como as realizadas por Mehmet (2008) e Souza et al. (2010) verificaram o efeito compensatório de plantas de soja de cultivares de crescimento indeterminado como da presente pesquisa, ou seja, o menor estande de plantas ocasiona maior número de ramificações, de vagens por planta e redução da massa de mil grãos, havendo, portanto, uma compensação da produtividade final. No entanto, no presente trabalho, apesar de não haver aumento da massa de grãos por efeito dos tratamentos e condições de cultivo (sequeiro x irrigado), no experimento irrigado as produtividades foram superiores em todos os tratamentos analisados. Enquanto que o número de grãos por vagem (NGV) apresentou valores similares ao experimento conduzido no sequeiro, não sendo verificado efeito significativo.

O número de vagens por planta (NVP) e de grãos por vagem (NGV) (Tabela 11), apesar de não apresentarem significância em relação aos tratamentos analisados, foram superiores quando comparados ao experimento instalado em condição de sequeiro. Isto pode ser atribuído ao fator compensatório da cultivar BMX POTÊNCIA RR, ou seja, a capacidade da planta em preencher os espaços vazios, que por apresentar crescimento indeterminado, e numa condição de falta de uniformidade e falha no estabelecimento do estande inicial do experimento sob irrigação, por ocasião da alta quantidade de palha, levou à maior ramificação de ramos laterais, resultando em maior número de vagens.

Na Tabela 12, apesar de não ser observado significância para os parâmetros avaliados, nota-se que o número de nódulos por planta (NNP), massa de nódulos (MN) e produtividade (PROD) de grãos foram superiores em todos os tratamentos quando comparadas ao

experimento em condição de sequeiro, enquanto que a massa de 100 grãos (M 100) apresentou valores similares.

Tabela 12. Valores de F e médias para número de nódulos por planta (NNP), massa de nódulo por planta (MN), massa de 100 grãos (M 100) e produtividade de grãos (PROD), em função dos tratamentos utilizados. Selvíria-MS, 2015/16.

Tratamento	NNP	MN (g)	M 100 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
RESIDUAL				
<i>Azospirillum</i>	77,50	0,74	15,3	4451
UREIA	76,38	0,77	15,1	4830
Controle	74,50	0,72	15,1	4975
DMS	24,87	0,10	1,38	1121
INOCULAÇÃO				
BRADY	77,50	0,74	15,4	4703
AZO+BRADY	74,75	0,75	14,9	4801
DMS	16,65	0,07	0,93	750
TESTE F				
Residual (R)	0,05 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,79 ^{ns}
Inoculação (I)	0,12 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}
R x I	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,19 ^{ns}
CV (%)	25,14	10,51	7,16	18,14

Nota: *Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste “LSD” a 5% de probabilidade. *A. brasilense* (*Azospirillum brasilense*); Ureia (Adubação nitrogenada); Controle (Sem pulverização com *Azospirillum* e sem aplicação de ureia em cobertura no capim Marandu); Brady (*Bradyrhizobium*); Azo + Brady (co-inoculação com as bactérias *A. brasilense* e *B. japonicum*)

Fonte: Próprio autor.

As maiores produtividades observadas neste experimento (irrigado) podem ser atribuídas ao eficiente controle de plantas daninhas e principalmente à disponibilidade de água logo após a semeadura da soja e no decorrer do ciclo da cultura, onde uma das vantagens de áreas irrigadas é a não competição entre as plantas pelo suprimento de água (KUSS, 2006). Gava et al. (2018) trabalhando com diferentes lâminas de irrigação via pivô central com diversas cultivares de soja, constataram que a BMX Desafio RR, com hábito de crescimento

indeterminado e ciclo similar à BMX Potência RR do presente trabalho, respondeu a irrigação, alcançando produtividade de 6174 kg ha⁻¹ (23% superior ao presente trabalho) contra 3798 kg ha⁻¹ (8% inferior ao presente trabalho) na condição de sequeiro. Segundo os mesmos autores, o fornecimento adequado de água é essencial para a disponibilidade de nutrientes presentes no solo às plantas, sendo que para ocorrer a absorção destes pelos vegetais, os nutrientes devem estar em solução. Petkowicz et al. (2017) observaram que o déficit hídrico pode afetar negativamente a nodulação de *B. japonicum* na cultura da soja, reduzindo o número de nódulos formados, porém não ocorreu alteração na nodulação de plantas de soja quando co-inoculada com *A. brasilense*.

O número de nódulos por planta (NNP) mesmo não apresentando significância, foi mais elevado no tratamento de residual de *Azospirillum* no solo quando comparado ao residual de ureia e testemunha, podendo-se inferir que a co-inoculação de *A. brasilense* via semente juntamente com o residual desta bactéria no solo, advindo da pulverização foliar do capim Marandu antecessor, estimulou a emissão de pêlos radiculares (CASSÁN et al., 2009) e maior quantidade de sítios de ligações e nodulação (RODRIGUES et al., 2012) da soja. Cabe destacar também a maior nodulação na área irrigada em relação ao sequeiro (Tabela 8), por efeito evidente do estresse hídrico no experimento de sequeiro na fase inicial da cultura (Figura 2), impactando na formação e quantidade de nódulos, como apontado por Petkowicz et al. (2017).

No tratamento controle, apesar de não apresentar resultados significativos, ocorreu menor nodulação, podendo-se induzir que foi proveniente da menor população de bactérias presentes no solo. Bulegon et al. (2016), trabalhando com inoculação de bactérias diazotróficas em sementes de soja, observaram que a menor nodulação na testemunha, pode ser consequência das menores concentrações de bactérias no solo quando comparado as inoculações com *B. japonicum* e menores sítios de ligações com a planta em relação as inoculações com *A. brasilense*.

Não foram observados resultados significativos para inoculação e co-inoculação nas sementes de soja para nenhuma variável, podendo neste experimento ter ocorrido a interferência das altas temperaturas logo após a semeadura da cultura da soja. Além das altas temperaturas observadas (Figura 2), um outro fator abiótico que pode ter interferido para a ausência de efeitos das bactérias diazotróficas é o pH do solo, onde a faixa de pH entre 6,0 e 6,5 é considerada ideal para se ter uma ótima atividade dos microrganismos no solo (DARTORA et al., 2013). Para esses mesmos autores, valores extremos de pH podem prejudicar o desenvolvimento e estabelecimento de microrganismos no solo, tanto pelo efeito

direto da elevada concentração de íons H^+ , quanto pelo efeito indireto da disponibilidade de nutrientes. Embora neste trabalho a média do pH e dos teores da matéria orgânica do solo (MOS) sejam considerados adequados para o desenvolvimento do capim Marandu (pH=5,65), pode não ter sido adequado para o desenvolvimento das bactérias na rizosfera da soja.

6 CONCLUSÕES

A co-inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* nas sementes de soja não incrementaram os teores nutricionais foliares, crescimento, componentes da produção e produtividade sob SPD, independentemente se em área de sequeiro ou irrigada.

Em ambos os manejos, sequeiro e irrigado, a pulverização foliar de *A. brasilense* no capim Marandu é viável para o SIPA promovendo produção de forragem satisfatória em relação à adubação nitrogenada., além de que este residual de *A. brasilense* no solo, resultante da aplicação foliar no capim Marandu antecessor à soja, aumentou a massa de nódulos da soja, mostrando ser uma alternativa viável para aumentar a fixação biológica de N₂, principalmente em condições de sequeiro.

REFERÊNCIAS

- AGUILA, L. S. H. D.; AGUILA, J. S. D.; THEISEN, G. **Perdas na colheita da cultura da soja**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 12 p. (Comunicado Técnico, 271).
- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n1/17.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a04v27n4.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.
- ALBERNAZ, W. M.; CALSAVARA, L. H. **Integração lavoura e pecuária na região centro de Minas**. Belo Horizonte: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. p. 56–64.
- ALMEIDA, F. S. **Controle de plantas daninhas em plantio direto**. Londrina: IAPAR; Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1991. 34 p. (Circular, 67)
- ALVARENGA, R. C.; LARA-CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/485005/plantas-de-cobertura-de-solo-para-sistema-plantio-direto>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. Cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126, 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/490412/a-cultura-do-milho-na-integracao-lavoura-pecuaria>>. Acesso em: 25 jan. 2018.
- ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78 f. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- ARAÚJO, A. G.; CASÃO JUNIOR, R.; MEDEIROS, G. B.; CASTRO FILHO, C.; DORETTO, M.; BERTÉ, A. A.; CAVIGLIONE, J. H.; FIGUEIREDO, P. R. A. Identificação das restrições para expansão do plantio direto na região da represa de Itaipu. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 3, 1998, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco: IAPAR, 1998. 1 CD-ROM.
- ARSHAD, M.; FRANKENBERGER, J. R. Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: microbial production and functions. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 62, p. 145-151, 1998.
- ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO - APDC. **Braquiária mais que pasto II**. Brasília: APDC, 2001. p. 4. (Boletim Informativo, 6)

BALBINOT JUNIOR, A. A.; VEIGA, M. D.; MORAES, A. D.; PELISSARI, A.; MAFRA, A. L.; PICCOLLA, C. D. Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1357-1363, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n10/46v10a31.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

BALZERGUE, C.; PUECH-PAGÈS, V.; BÉCARD, G.; ROCHANGE S. F. The regulation of arbuscular mycorrhizal symbiosis by phosphate in pea involves early and systemic signalling events. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 62, n. 3, p. 1049-1060, 2010. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3022399/>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Técnica alternativa:** co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. [S. l.]: Infobilos, 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 30 jan. 2018.

BÁRBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; BÁRBARO JUNIOR, L. S.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; DA SILVA, J. A. A. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 5, n. 1, p. 01- 07, 2011. Disponível em: <<http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ca/article/viewArticle/372>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.

BASHAN, Y.; De-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacteria *Azospirillum* promotes plant growth: a critical assessment. **Advances in Agronomy**, Amsterdam, v. 108, p. 77-136, 2010.

BENINTENDE, S.; UHRICH, W.; HERRERA, M.; GANGGE, F.; STERREN, M.; BENINTENDE, M. Comparación entre coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. **Agriscientia**, Córdoba, v. 27, n. 2, p. 71-77, 2010.

BERNARDES, L. F. **Semeadura de capim - braquiária em pós emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. 2003. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A. S. Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 705-712, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n4/16.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1269-1276, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n9/08.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BOOIJ, R.; VALENZUELA, J. L.; AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A. J.; MACKERRON, D. K. L. (Eds.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands: Wageningen Pers, 2000. p. 72-82.

BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; DA SILVA LIMA, L. H.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.

BRANDÃO JUNIOR, O.; HUNGRIA, M. Efeito de doses de inoculante turfoso na fixação biológica do nitrogênio pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 527-536, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n3/06.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/4457/445744093008.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BRASIL, M. S.; BALDANI, D.; BALDANI, J.I.; SOUTO, S.M. Efeitos da inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas forrageiras do Pantanal. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 27, n. 3, p. 22-33; 2005.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 2, p. 83-87, 2004. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/213321/acumulacao-de-nutrientes-em-folhas-de-milho-e-dos-capins-braquiaria-e-mombaca>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BRAZ, A. J. B. P.; PROCÓPIO, S. O.; CARGNELUTTI FILHO, A. A.; SILVEIRA, P. M.; KLIEMANN, H. J.; COBUCCI, T.; BRAZ, G. B. P. Emergência de plantas daninhas em lavouras de feijão e de trigo após o cultivo de espécies de cobertura do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 621-628, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v24n4/a02v24n4.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

BULEGON, L. G.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; MITIO INAGAKI, A. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, Chapingo, v. 34, n. 2, p. 169-176, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n2/2395-8030-tl-34-02-00169.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

CABRAL, C. E. A.; DA SILVA CABRAL, L.; BONFIM-SILVA, E. M.; DOS SANTOS CARVALHO, K.; KROTH, B. E.; CABRAL, C. H. A. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 7, n. 1, p. 66, 2016. Disponível em:

<<https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/viewFile/964/381>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

CACCIARI, I.; LIPPI, D.; PIETROSANTI, T.; PIETROSANTI, W. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 115, n. 1, p. 151-153, 1989.

CÂMARA, G. M. S. **Nitrogênio e produtividade da soja**: soja: tecnologia da produção II. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2000. p. 295-339.

CANGAHUALA-INOCENTE, G. C.; DO AMARAL, F. P.; FALEIRO, A. C.; HUERGO, L. F.; ARISI, A. C. M. Identification of six differentially accumulated proteins of *Zea mays* seedlings (DKB 240 variety) inoculated with *Azospirillum brasilense* strain FP2. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 58, p. 45-50, 2013.

CARNEIRO, R. G.; MONACO, A. P. do A.; LIMA, A. C. C.; NAKAMURA, K. C.; MORITZ, M. P.; SCHERER, A.; SANTIAGO, D. C. Reação de gramíneas a *Meloidogyne incognita*, a *M. paranaensis* e a *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 3, p. 287-291, 2006. Disponível em: <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20303/287-291%20pb.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A.; ROSA, G. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônomo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 969-985, 2013.

CASÃO JUNIOR, C.; ARAÚJO, A. G. de A.; MEDEIROS, G. B. de.; CASTRO FILHO, C. de.; DORETTO, M.; FIGUEIREDO, P. R. A. de.; CAVIGLIONE, J. H. **Viabilização da mecanização do sistema de plantio direto nos municípios à margem da represa Itaipu**. Londrina: IAPAR, 1997. 32 p.

CASSÁN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az 39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 45, n. 1, p. 28-35, 2009.

CASSINI, S. T. A.; FRANCO, M. C. Fixação biológica de nitrogênio: microbiologia, fatores ambientais e genéticos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2008. v. 2, p. 143-170.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; MAIA, S. M. F.; CERRI, C. E. P.; COSTA JUNIOR, C.; FEIGL, B. J.; FRAZAO, L. A.; MELLO, F. F. C.; GALDOS, M. V.; MOREIRA, C. S.; CARVALHO, J. L. N. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 1, p. 102-116, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/sa/v67n1/v67n01a15.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

CHAPARRO, J. M.; SHEFLIN, A. M.; MANTER, D. K. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. **Biology And Fertility of Soils**, Berlim, v. 48, n. 5, p. 489-499, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2013. Brasília, DF: CONAB, 2013. 29 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2017. Brasília, DF: CONAB 2017. 24 p.

COSTA, K. A. de P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P. de; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/vet/article/viewArticle/365>>. Acesso em: 17 jan. 2018.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K. S. M.; YOKOBATAKE, K. L.; FERREIRA, J. P.; PARIZ, C. M.; BONINI, C. dos S. B.; LONGHINI, V. Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 3, p. 852-863, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v39n3/0100-0683-rbcs-39-3-0852.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

CROZIER, A.; ARRUDA, P.; JASMIM, J. M.; MONTEIRO, A. M.; SANDBERG, G. Análise de indole-3-acético e índoles relacionadas em Meio de Cultura de *Azospirillum lipoferum* e *Azospirillum brasilense*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 54, n. 11, p. 2833-2837, 1988.

CUNHA, G. D.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A.; PASINATO, A. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 111-119, 1998.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F., MARINI, D., SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023–1029, 2013.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos Físicos do solo e produtividade da soja em sistema integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n7/a20512cr5740.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

DIAS ARIERA, C. R.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; MIZOBUTSI, E. H. Penetração e desenvolvimento de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *Heterodera glycines* em quatro gramíneas forrageiras. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 26, n. 1, p. 35-41, 2002.

DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 17-60.

DUSI, D. M. **Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em dois diferentes substratos**. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado Sistema de Produção) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA **Avaliação do desempenho de plantadoras diretas para culturas de verão**. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo: EMBRAPA, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Fixação biológica de nitrogênio**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2014 Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>> Acesso em: 27 jan. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Dados Econômicos**. Embrapa Soja. Distrito Federal: EMBRAPA, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 29 jan.2018

ERNANI, P. R.; FIGUEIREDO, O.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J. A. Decréscimo da retenção de fósforo pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 59-162, 1996.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 321-328, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n2/a12v30n2.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9 p. Circular técnica, n. 48.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glicyne max* con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Artículos Técnicos – **Engormix: Agricultura**, Santa Fe, 2006.

FERREIRA, A. C. de B.; LAMAS, F. M.; CARVALHO, M. C. S.; SALTON, J. C.; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 6, p. 546-553, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

FINOTO, E. L.; JÚNIOR, P. S. C.; BÁRBARO-TORNELI, I. M.; MARTINS, M. H.; SOARES, M. B. B.; MARTINS, A. L. M. Desenvolvimento e produção de soja co-inoculada com *Azospirillum brasilense* em semeadura direta sobre palhicho de cana crua. In: **Nucleus**, Ituverava, p. 9-14, 2017. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/2815>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 2385-2396, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n6/v32n6a17.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. DOS S.; GARCIA, R. A. **Necessidade de irrigação complementar da soja na região sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. 8 p. (Circular Técnica, 34). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1024902/1/CT201534.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Soybean performance as affected by desiccation time of *Urochloa ruziziensis* and grazing pressures. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 999-1005, 2014.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M.; SICHIERI, F. R.; TEIXEIRA, L. C. **Soja em solos arenosos**: papel do sistema Plantio Direto e da integração lavoura-pecuária. Londrina: Embrapa Soja, 2016. (Circular Técnica, 116). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1046511/1/CT116.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

FRANZLUEBBERS, A. J.; SCHOMBERG, H. H.; ENDALE, D. M. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 303-315, 2007.

FREITAS, A. D. S.; SILVA, A. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. Yield and biological nitrogen fixation of cowpea varieties in the semi-arid region of Brazil. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 45, p. 109-114, 2012.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M.; BUZETTI, S.; LUDKIEWICZ, M. G.; ROSA, P. A.; TRITAPEPE, C. A. Technical and economic viability of co-inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean cultivars in the Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 51-56, 2018.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p.1421-1428, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n6/19.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

GAVA, R.; LIMA, S. F. D.; SANTOS, O. F. D.; ANSELMO, J. L.; COTRIM, M. F.; KÜHN, I. E. (2018). Water depths for different soybean cultivars in center pivot. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 1, p. 10-15, 2018.

GITTI, D. C. **Inoculação e co-inoculação na cultura da soja**. Tecnologia e Produção Soja 2014/2015. Maracaju: Fundação MS, 2015.

GOMES, M. F. **Efeitos da expansão da produção de soja em duas regiões do Brasil**. 1990. 105 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

HANISCH, A. L.; BALBINOT JR, A. A.; VOGT, G. A. Desempenho produtivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função da inoculação com *Azospirillum* e doses de nitrogênio. **Revista Agroambiente**, Roraima, v. 11, n. 3, p. 200-208, 2017. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/agroambiente/article/viewFile/3916/2305>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

HELFRICH, M.; LUDWIG, B.; BUURMAN, P.; FLESSA, H. Effect of land use on the composition of soil organic matter in density and aggregate fraction as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. **Geoderma**, Amsterdam, v. 136, n. 1, p. 331-341, 2006.

HOSSAIN, M. M.; LIU, X.; QI, X.; LAM, H. M.; ZHANG, J. Differences between soybean genotypes in physiological response to sequential soil drying and rewetting. **The Crop Journal**, Beijing, v. 2, n. 6, p. 366-380, 2014.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W. (Ed.). **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 25-42.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*** : inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 13 p. (Documentos, 325). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 218.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with *Rhizobium* and *Azospirillum*: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, Florença, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

KANEKO, F.H.; SABUNDJIAN, M.T.; ARF, O.; FERREIRA, J.P., DOUGLAS DE CASTILHO GITTI, D. C.; LEAL, A.J.F. Análise econômica do milho em função da inoculação com *Azospirillum*, fontes e doses de N em Cerrado de baixa altitude. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 23-37, 2015

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KONDO, M. K.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; WENDLING, B.; SILVA, P. B.; CARDOSO, M. M. Efeito de coberturas vegetais sobre os atributos físicos do solo e características agronômicas do sorgo granífero. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 33-40, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/12558>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

KÖPPEN, W. Climatologia. In: PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. (Ed). **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 478 p.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L.; MAEDA, S.; DOS SANTOS, F. C. **Diagnose do estado nutricional de soja e algodoeiro, pelos métodos das faixas de suficiência e DRIS, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 4 p. (Circular Técnica, 29). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114002/1/CT201429.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

KUSS, R. C. R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LANDERS, J. N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado; Embrapa Cerrado, 1994. 261 p.

LANDERS, J. N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience**. 2007. 106 p. (Integrated Crop Management, 5). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-a1083e.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2017.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 1, p. 133-146, 2009.

MACHADO, L. A. Z.; ASSIS, P. G. G. de. Produção de palha e forragem por espécies anuais e perenes em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 4, p. 415-422, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n4/a10v45n4.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

MACHADO, L. A. Z.; VALLE, C. B. do. Desempenho agrônomo de genótipos de capim-braquiária em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 11, p. 1454-1462, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/915707/1/46n11a06.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 2. ed. 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. **Informações Agronômicas**, São Paulo, v. 111, n. 3, p. 10-11, 2005.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M. da.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um latossolo vermelho sob sistemas de integração lavoura - pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n6/v42n6a15.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

MASCIARELLI, O.; URBANI, G.; REINOSO, H. E.; LUNA, V. Alternative mechanism for the evaluation of indole-3-acetic acid (IAA) production by *Azospirillum brasilense* strains and its effects on the germination and growth of maize seedlings. **Journal of Microbiology**, Tokio, v. 51, n. 5, p. 590-597, 2013.

MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Y. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria*, sob déficit hídrico, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 746-754, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n3/a05v34n3.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2011. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/75>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

MEHMET, O. Z. Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in soybean. **African Journal of Biotechnology**, Grahamstown, v. 7, n. 24, p. 4464 - 4470, 2008.

MNASRI, B.; AOUANI, M. E.; MHAMDI, R. Nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*) under water deficiency. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 39, n. 7, p. 1744-1750, 2007.

MODA, R.L.; SANTOS, C.L.R.; FLORES, R.A.; BORGES, B.M.M.N.; ANDRIOLI, I.; PRADO, R.M.; Resposta do milho cultivado em sistema de plantio direto à aplicação de doses de nitrogênio e cultivo de plantas de cobertura em pré-safra. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 178-187, 2014.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de.; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v34n2/8735.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e rendimento de grãos. Evangraf. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 31 p.

NABINGER, C.; DE FACCIO CARVALHO, P. C. Ecofisiología de sistemas pastoriles: aplicaciones para su sustentabilidad. **Revista Agrociencia**, Texcoco, v. 13, n. 3, p. 18-27, 2009. Disponível em:

<<http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/232>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Efeitos da disponibilidade hídrica no solo sobre a cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. v. 15, p. 42-43 (Documentos, 72).

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. Agronomic application of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field incubation. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants **Applied and Environment Microbiology**, Washington, v. 63, n. 7, p. 366-370, 1997

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO - FAO. **Relatórios**. [S. l.], 2010. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/ultimosRelatoriosFao.asp>>. Acesso em: 10 out. 2010.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. de O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L. do.; PETTER, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 455-463, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v27n3/05.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; BERGAMASCHINE, A. F.; ULIAN, N. de A.; FURLAN, L. C.; MEIRELLES, P. R. de L.; CAVASANO, F. A. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop-livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 2029-2037, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n6/a19v35n6.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

PEREIRA, F. A. R. **Cultivo de espécies visando a obtenção de cobertura vegetal do solo na entressafra da soja (*Glycine max* L. Merrill) no cerrado**. 1990. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v28n3/23.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

PETKOWICZ, L. A.; DAL PRÁ, F. S.; CARLESO, Â.; BAHRY, C. A.; PERBONI, A. T. Efeito da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* nos componentes de rendimento da soja em condição de déficit hídrico. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR, 2017, Dois Vizinhos. **Anais...** Dois Vizinhos: UTFPR, 2017. p. 157-159. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/dv/index.php/CCT_DV/article/view/1946>. Acesso em: 10 dez. 2017.

PITTELKOW, F. P.; SCARAMUZZA, J. F.; WEBER, O. L. S.; MARASCHIN, L.; VALADÃO, F. C. A.; OLIVEIRA, E. S. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 17, p. 212-222, 2012. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1150>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

PORTES, T. de A.; CARVALHO, S. I. C. de.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro ou consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v35n7/1349.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 605-663.

RAIJ, B van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC. 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. V; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 284 p.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22 p. (Documentos, 232). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/629377/1/doc232.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

REIS, V. M.; SCHWAB, S.; ROUWS, L. F. M.; TEIXEIRA, K. R. S. Diazotróficos associativos e de vida livre: avanços e aplicações biotecnológicas. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. P.; ROSÁLIA, C. E.; STAMFORD, N. P. (Ed.). **Biotecnologia aplicada à agricultura**: textos de apoio e protocolos experimentais. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 761 p.

RODRIGUES, M.; CARLESSO, R.; KUNZ, J. H.; MELO, G. L.; MICHELON, C. Manejo da irrigação da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD ROM.

RODRIGUES, A. C.; ANTUNES, J. E. L.; MEDEIROS, V. V.; BARROS, B. G. F.; FIGUEREDO, M. V. B. Resposta da coinoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium sp.* em caupi. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 196-202, 2012.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEICAO, P. C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 62 p. 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/252700/1/BP200529.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.; FERREIRA, L.G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 153-156, 2008.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; MALDANER, G. L. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção com integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 1, p. 49-56, 2013.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para a soja em latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 57-62, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n1/08.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

SILVA, V. J.; CAMARGO, R.; WENDLING, B.; PIRES, S. C. Integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto no cerrado brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1, 2011. Disponível em: <<http://20lavoura.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

SILVEIRA, P. M.; CUNHA, P. C. R.; STONE, L. F.; SANTOS, G. G. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/5841>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

SOUZA, D. M. G. de.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1996. 30 p. (Circular Técnica, 33).

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM JUNIOR, P. K. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja roundup. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pd/v28n4/v28n4a22.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G. J. Formação de palhada por Braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 617-622, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v66n4/12.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

TOLEDO-SOUZA, E.D. de.; SILVEIRA, P.M. da.; LOBO JUNIOR, M.; CAFÉ FILHO, A. C. Sistemas de cultivo, sucessões de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 971-978, 2008. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/27414/1/43n08a04.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

TORRES, J. L. R. **Estudo das plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG**. 2003. 125 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n4/26109>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

VINHOLIS, M. de M. B.; BERNARDI, A. C. de C.; BARBOSA, P. F.; ESTEVES, S. N.; LIMA, N. R. C. de B. **Renovação de pastagens em sistema de integração lavoura-pecuária em São Carlos, SP**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. 7 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 24).

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 213-223, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n1/a20v35n1.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

ZUFFO, A. M.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; OLIVEIRA, N. T.; SOARES, I. O.; NETO, G. F.; ... SILVA, L. O. Coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 87-93, 2015.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. DE SÁ.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um latossolo vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v40n5/24431.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

APÊNDICE – Imagens das atividades desenvolvidas nos experimentos

Figura 3 - Fotos do desenvolvimento da cultura antecessora (capim Marandu) e da cultura sucessora (soja) no experimento conduzido em sequeiro. **(1)** Corte realizado no capim; **(2)** Retirada do restante do capim verde da área; **(3)** Pulverização foliar de *Azospirillum brasilense*; **(4)** Aplicação de ureia; **(5)** Capim Marandu dessecado; **(6)** Semeadura da soja sob a palhada do capim Marandu; **(7)** Soja em estágio R1; **(8) e (9)** Coleta dos nódulos de 3 plantas consecutivas; **(10)** Nódulos de soja. Selvíria, 2016/17.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4 - Fotos do desenvolvimento da cultura antecessora (capim Marandu) e da cultura sucessora (soja) no experimento conduzido em sistema irrigado. **(1)** Corte realizado no capim; **(2)** Retirada do restante do capim verde da área; **(3)** Área pós-retirada da vegetação excedente; **(4)** Capim Marandu dessecado; **(5)** Semeadura da soja sob a palhada do capim Marandu; **(6)** Falha no estande da soja (R1) devido ao excesso de palhada e “envelopamento” de sementes; **(7) e (8)** Coleta dos nódulos de 3 plantas consecutivas; **(9)** Nódulos de soja; **(10)** Pesagem dos nódulos de soja. Selvíria, 2016/17.



Fonte: Próprio autor.